

Avant-propos

La détection d'une défaillance dans un système électrique / électronique de véhicules automobiles requiert une approche logique et systématique. Il y a notamment lieu de déterminer si un symptôme doit être considéré comme la cause ou comme une conséquence d'une défaillance. Après tout, vous pouvez gagner beaucoup de temps en vous familiarisant auparavant avec le système et en analysant la plainte avec rigueur.

Une personne qui travaille dans un garage en tant que professionnel ou qui forme d'autres personnes doit être en mesure de référer de manière rapide et fiable à ces principes de bases ainsi qu'aux détails des systèmes. Ce manuel veut mettre à disposition cette information, combinée avec le cours **"Technique de diagnostic dans le secteur automobile"**. La théorie et la pratique sont dès lors liées.

C'est ainsi que cette brochure offre des notions approfondies de l'état actuel de la technique automobile et des développements futurs aux mécaniciens, en particulier en ce qui concerne le diagnostic, la détection de défaillances et les conseils pour les garages.

Vous trouverez plus de renseignements et d'aide pour le diagnostic sur le site :
<http://www.zawm.be/auto-diagnostic>.

Ce manuel est une partie du projet européen "Technique de diagnostic dans le secteur automobile" qui est soutenu par l'initiative communautaire Interreg-II de l'Union européenne, la communauté germanophone, l'État fédéré de Rhénanie du Nord-Westphalie et EDUCAM.

Nous vous souhaitons bonne chance.

L'équipe de projet

juillet 2001



Table des matières

I	Introduction	
1.	Les étapes principales pour un diagnostic efficace	6
1.1.	Tableau de recherche d'incidents pour la détection et la réparation de défaillances d'installations électroniques	7
II	Technique de mesure des circuits électriques	
1.	Le multimètre	8
1.1.	Le travail avec le multimètre	10
1.2.	Les mesures avec le multimètre	10
1.2.1.	Mesure de la tension	10
1.2.2.	Mesure de l'intensité du courant	11
1.2.3.	Mesure de la résistance	11
1.3.	Pince ampèremétrique	12
1.4.	Indications pour le travail à l'atelier	12
2.	L'oscilloscope	13
2.1.	Les sondes d'un oscilloscope	14
2.2.	Éléments de contrôle de l'oscilloscope	14
2.2.1.	Réglage AC/DC/GND	14
2.2.2.	Réglage de l'axe Y	15
2.2.3.	Réglage de l'axe X	15
2.2.4.	Réglage du trigger	16
2.3.	Instructions de sécurité	17
III	Schémas de câblage	
1.	Schémas de câblage	18
1.1	Schéma de raccordement	18
1.2	Schéma de circuit	18
1.1.1.	Schéma de circuit détaillé	19
1.1.2.	Schéma de circuit global	20
2.	Dessin et lecture de schémas de câblage	20
2.1.	Généralités	20
2.2.	Le circuit de courant	21
2.2.1.	Représentation massique	21
2.2.2.	Désignation des bornes	21
2.3.	Composants d'un circuit de courant	23
2.3.1.	Identification des appareils électriques	23
2.3.2.	Symboles de connexion importants en électronique de véhicule	24
2.3.3.	Conducteurs de courant	25
IV	Capteurs et actuateurs	
1.	Capteurs	26
1.1.	Capteur inductif	27
1.2.	Capteur à effet Hall	27
1.3.	Capteur de température	28
1.4.	Capteur de pression	28
1.5.	Sonde d'oxygène (sonde lambda)	29
1.6.	Potentiomètre	29
1.7.	Capteurs capacitifs	30
1.8.	Capteurs optiques	30

2.	Appareil de commande électronique	31
2.1.	Convertisseur analogique/numérique (A/N)	31
2.2.	Conformateur d'impulsions (CI)	31
2.3.	Régulateur de tension	31
2.4.	Microprocesseur (Unité centrale)	32
3.	Actuateurs (Actionneurs)	32
4.	Diagnostic, mesures correctives des défauts, notes d'atelier	34
4.1.	Procédure du dépiage des erreurs	34
4.2.	Manutention des systèmes électroniques	34
5.	Notes concernant le travail pratique	35
5.1.	Contrôles de composants de différents relais	35
5.1.1.	Relais – Mini ISO	35
5.1.2.	Relais – Micro ISO	35
5.2.	Mesure des capteurs et actuateurs	36
5.2.1.	Contrôler le potentiomètre de papillon de gaz à l'aide de l'oscilloscope	36
5.2.2.	Contrôler le capteur de position et de vitesse de rotation du moteur à l'aide de l'oscilloscope	37
5.2.3.	Contrôler le signal d'injection à l'aide de l'oscilloscope	37
V	Systèmes sur véhicules	
1.	Systèmes de gestion moteur	38
1.1.	Gestion des moteurs à essence	38
1.1.1.	Composition	38
1.1.2.	Système d'injection	38
1.1.2.1.	Injection en continu et par intermittence	38
1.1.2.2.	Injection monopoint et multipoint	39
1.1.2.3.	Régulation de l'injection	39
1.1.2.4.	Pompe à carburant	40
1.1.2.5.	Régulateur de pression	41
1.1.2.6.	Amortisseur de vibration	42
1.1.2.7.	Injecteur	42
1.1.3.	Système de gestion moteur	44
1.1.3.1.	Commande électronique	44
1.1.3.2.	Détermination de la quantité de carburant à injecter	45
1.1.3.3.	Système d'allumage	46
1.1.3.4.	Capteurs et actuateurs	47
1.1.4.	Réglementation E.O.B.D.	53
1.1.5.	Diagnostic, suppression des défauts et instructions pour l'atelier	56
1.1.5.1.	Recherche de pannes systématique par les contrôles préliminaires	56
1.1.5.2.	Oscillogramme d'allumage	57
1.1.5.3.	Vérification rapide des systèmes électroniques d'injection et d'allumage	58
1.1.5.4.	Diagnostic rapide des gaz d'échappement	59
1.2.	Gestion des moteurs Diesel	60
1.2.1	Réglage et commande mécaniques	61
1.2.1.1.	Systèmes de régulation mécanique	61
1.2.2.	Régulation diesel électronique	61
1.2.2.1.	Fonctions de l' EDC	61
1.2.2.2.	Structure des EDC	62
1.2.3.	Systèmes d'injection électronique	63
1.2.3.1.	Pompe à piston axial avec coulisseau de réglage (p. ex. Bosch VP 37)	63
1.2.3.2.	Pompe à piston axial avec commande par électrovanne (p. ex. Bosch VP 30)	64
1.2.3.3.	Pompe d'injection à piston radial (p. ex. Bosch VP 44)	64
1.2.3.4.	Injecteur-Pompe (PDE ou UI)	65

1.2.3.5.	Pompe-conduit-injecteur (PLD)	66
1.2.3.6.	Système d'injection à collecteur – système « Common-Rail »	67
1.2.4.	Capteurs, commande et organes de réglage	68
1.2.4.1.	Capteur de position de pédale	68
1.2.4.2.	Sonde de régime	68
1.2.4.3.	Mesure du débit massique d'air	68
1.2.4.4.	Capteur de levée d'aiguille	69
1.2.4.5.	Autres capteurs	70
1.2.4.6.	Régulation du début de l'injection sur des pompes d'injection à distribution	70
1.2.4.7.	Recirculation des gaz d'échappement	71
1.2.4.8.	Régulation de la pression de suralimentation	71
1.2.4.9.	Sonde d'altitude	71
1.2.4.10.	Electrovanne de limitation de la pression de suralimentation	71
1.2.4.11.	Témoin de bougie de préchauffage	71
1.2.5.	Diagnostic, suppression des défauts, instructions pour l'atelier	72
1.2.5.1.	Recherche systématique des défauts par contrôles préliminaires	72
1.2.5.2.	Vérification rapide du système d'injection électronique	73
1.2.5.3.	Vérification des gaz d'échappement	76
2.	Dynamique du roulage	77
2.1.	Système anti-blocage	78
2.1.1.	Bases de la régulation ABS	78
2.1.2.	Types de systèmes ABS	78
2.1.3.	Classement des systèmes ABS fonctionnant suivant le principe hydraulique	79
2.1.4.	Le processus de régulation	79
2.1.5.	Variantes d'ABS	79
2.1.6.	Types de régulation	80
2.1.7.	Patinage au freinage	80
2.1.8.	Plage de travail de l'ABS	80
2.1.9.	Les composants individuels et leur fonction	81
2.2.	Répartition électronique de la force de freinage	81
2.3.	Régulation du patinage en traction	82
2.4.	Programme électronique de stabilité	83
2.4.1.	ESP en cas d'une manœuvre brusque d'évitement	83
2.4.2.	ESP en cas de sous-virage et de sur-virage	84
2.4.3.	Boucle de régulation de l'ESP	84
2.4.4.	Les composants individuels et leur fonction	85
2.4.4.1.	Les composants essentiels	85
2.4.4.2.	Aperçu du système avec ses capteurs, le traitement et les actuateurs	85
2.4.4.3.	Quelques capteurs	86
2.4.5.	Signaux d'entrée et de sortie	87
2.5.	Diagnostic, suppression des pannes, instruction pour l'atelier	87
2.6.	Indications pratiques de travail	88
3.	Systèmes de confort	90
3.1.	Conditionnement de l'air dans les véhicules	90
3.1.1.	Le principe de base physique	90
3.1.1.1.	Structure de principe d'un système de conditionnement d'air	91
3.1.1.2.	Conditionnement de température automatisée	92
3.1.2.	Signaux d'entrée et de sortie	92
3.1.3.	Schéma électrique	93

3.1.3.1.	Schéma électrique d'un système de conditionnement d'air à valve d'expansion ...	93
3.1.3.2.	Schéma électrique d'un système de conditionnement d'air à ajutage fixe	94
3.1.4.	Diagnostic, suppression des défauts, instructions pour l'atelier	95
3.1.4.1.	Utilisation correcte d'un système de conditionnement d'air manuel	95
3.1.4.2.	Faire un diagnostic en mesurant la pression	95
3.1.4.3.	Tableau de recherche des défauts pour systèmes à valve d'expansion	96
3.1.4.4.	Tableau de recherche des défauts pour systèmes à détendeur à ajutage fixe	97
3.1.6.	Organigramme de contrôle	98
3.1.7.	Conseils pratiques	99
3.1.7.1.	Mesures de sécurité	99
3.1.7.2.	Station de recyclage	100
3.2.	Verrouillage central	101
3.2.1.	Mode de fonctionnement d'un verrouillage central	101
3.2.1.1.	Verrouillage central électronique	101
3.2.1.2.	Verrouillage central électropneumatique	102
3.2.2.	Double verrouillage	103
3.2.3.	Commande à distance	103
3.2.4.	Indications de travail pratique	103
4.	Systèmes de sécurité	104
4.1	Système de retenue	104
4.1.1.	L'airbag	104
4.1.1.1.	Composants	105
4.1.1.2.	Mode de fonctionnement	105
4.1.2.	Tendeur de ceinture	107
4.1.3.	Schéma de branchement	107
4.1.4.	Diagnostic, suppression des pannes et indications pour l'atelier	108
4.1.5.	Instructions de travail pratique	108
4.2.	Antivol électronique	109
4.2.1.	Antivol électronique avec transpondeur	109
4.2.1.1.	Clé avec transpondeur	110
4.2.1.2.	Module émetteur-récepteur	110
4.2.1.3.	Appareil de commande de l'antivol	111
4.2.1.4.	Module de gestion moteur	111
4.2.1.5.	Identification de la clé et déroulement du démarrage	111
4.2.1.6.	Opérations d'initialisation	112
4.2.1.7.	Antivol sur moteurs diesel sans régulation diesel électronique	112
VI	Problèmes rencontrés dans la pratique	
1.	Consommation en carburant trop élevée	114
2.	Pompe diesel Epic défectueuse	115

I Introduction

La détection et la réparation de défaillances requièrent une bonne connaissance et une expérience du système concerné.

La recherche au hasard de défaillance fait partie du passé. A présent, on doit agir en connaissance de cause lors de l'entretien et la réparation de véhicules. Avec du savoir-faire et la réflexion.

Le mot "diagnostic" comprend beaucoup plus que la succession d'une série d'étapes afin de trouver la solution à un certain problème. Il s'agit d'une manière d'examiner les systèmes défaillants en vue de trouver la cause de la défaillance. Cela implique la connaissance du fonctionnement du système et la capacité de reconnaître un système qui fonctionne correctement.

Le mécanicien doit savoir comment fonctionne le système.

Pour un véhicule moderne, le schéma de câblage est aussi important que le principe de fonctionnement. Afin de détecter une défaillance, le mécanicien doit être en mesure de lire et d'utiliser le schéma de câblage. Après tout, soixante pour cent des défaillances d'un système électronique sont dues à des connecteurs défectueux et des conducteurs défectueux.

Un mécanicien qui veut être en mesure de prononcer un diagnostic efficace pour un système électrique / électronique d'un véhicule moderne, doit se fier à un schéma de câblages détaillé.

Les défaillances qui se manifestent de temps à autre (avec des intermittences régulières) posent un problème spécifique. En principe, il faut reproduire la défaillance afin d'établir le diagnostic d'un tel défaut. Or, ce n'est pas toujours possible dans le cas des défaillances intermittentes. C'est pourquoi la défaillance doit souvent être détectée d'une autre manière : par exemple ne pas rechercher la défaillance directement mais plutôt exclure les parties qui étaient parfaitement en ordre lors d'un contrôle précédent.

Lors de la recherche de la défaillance, travaillez avec logique et rappelez-vous ce que vous avez appris au cours "Technique de diagnostic dans le secteur automobile".

1. Les étapes principales pour un diagnostic efficace

Le diagnostic est lié à des règles de base. A condition que vous suiviez ces règles, vous trouverez généralement la cause du problème lors du premier contrôle du système. Pour un diagnostic efficace, il faut respecter les règles de base suivantes.

Détecter les symptômes de la défaillance

- Une première étape importante pour établir un diagnostic consiste à poser des questions spécifiques au client. Cela vous permettra a priori d'exclure une erreur de maniement ou des exigences trop élevées par rapport au système.
- Contrôlez que le client a bien cerné le problème. Si nécessaire, mettez-vous à la place du client et tentez de compléter la plainte.
- Faites un essai si nécessaire.

Détecter le défaut

- La détermination des symptômes de la défaillance ne localise pas nécessairement sa cause. Votre expérience peut parfois vous donner une idée de la cause possible.
- Cependant, la procédure correcte de la recherche consiste à examiner la partie concernée de manière systématique. Cela implique un contrôle de l'état général du système, un contrôle visuel, un contrôle des parties mécaniques ainsi qu'un contrôle par le biais d'appareils de test et de diagnostic appropriés.

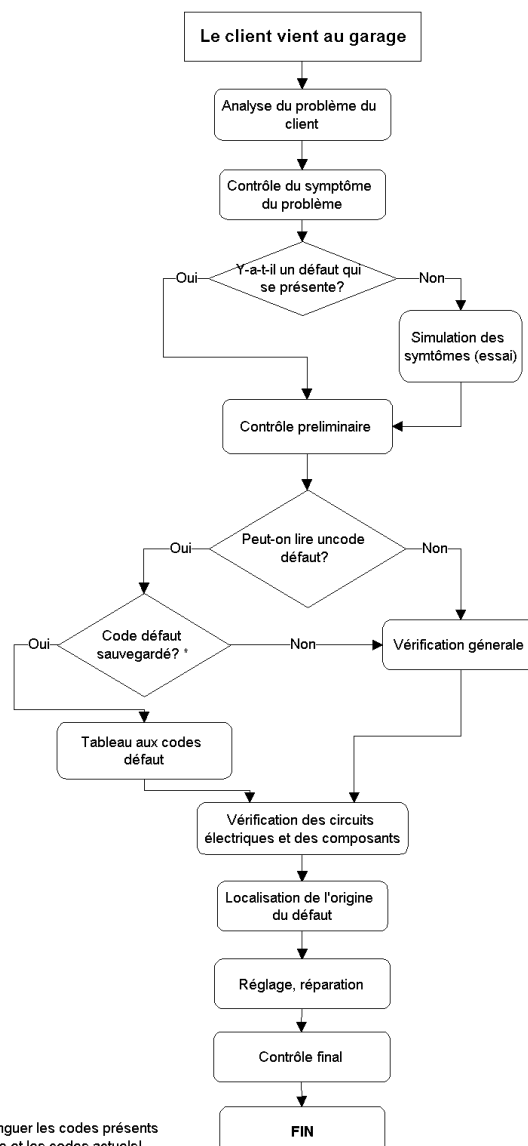
Réparer la défaillance constatée

- Remplacez ou réparez les pièces défectueuses.

Contrôler le système

- Contrôlez ensuite si le système fonctionne bien.

1.1. Tableau de recherche d'incidents pour la détection et la réparation de défaillances d'installations électroniques



II Technique de mesure des circuits électriques

1. Le multimètre

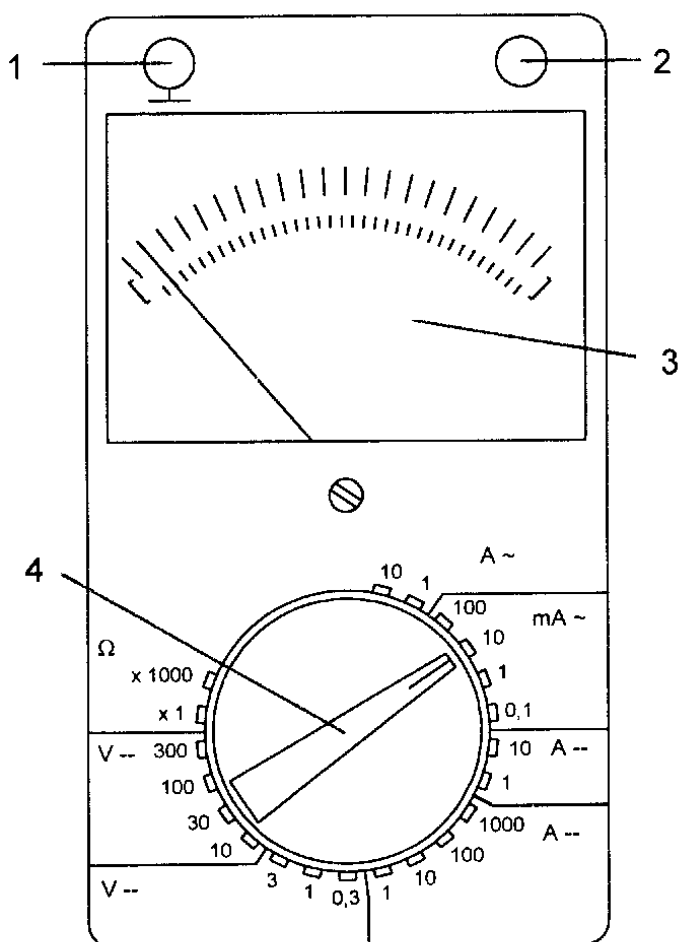
Dans un véhicule automobile, la tension électrique a une influence décisive sur le fonctionnement sûr des modules, des systèmes et des appareils de commande. Pour pouvoir localiser des défauts dans le circuit électrique, il faut pouvoir mesurer la tension, le courant et la résistance électrique en des points de mesure appropriés.

Pour ce faire, à l'atelier, on utilise en général des multimètres. On distingue le multimètre analogique et le multimètre numérique. Dans l'atelier pour véhicules, on utilise principalement le multimètre numérique, parce que l'affichage numérique est plus facile à lire.

Dans les paragraphes qui suivent, on ne s'étendra que sur ce que l'on ne peut pas apprendre dans le manuel d'utilisation des appareils de mesure, puisque celui-ci est joint à chaque multimètre.

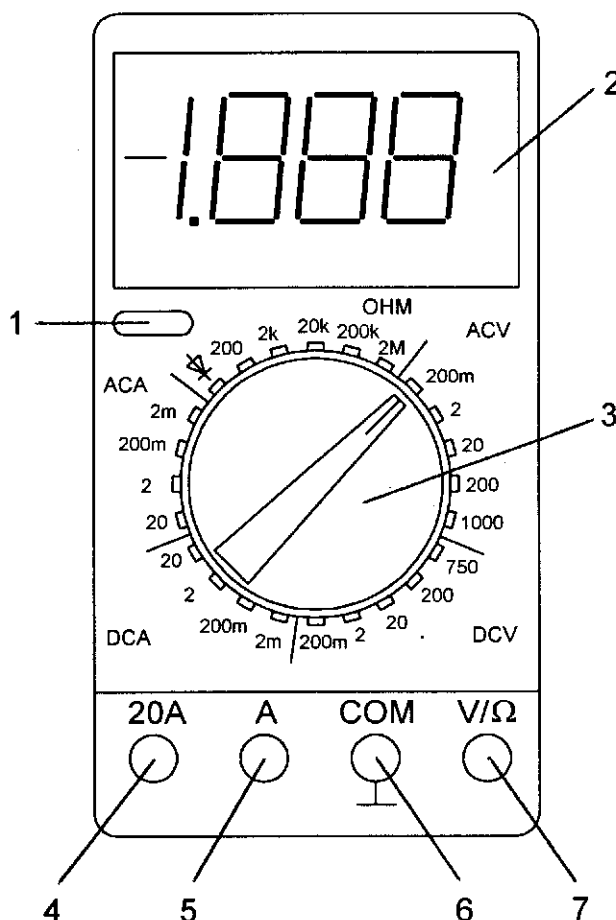
Les multimètres analogiques contiennent un élément de mesure à cadre mobile. Ils conviennent pour mesurer une tension ou un courant en courant continu et en courant alternatif, et également pour certaines mesures de résistance. La plupart du temps, les raccords pour la mesure de tension (V) et la mesure de courant (A) sont distincts, sinon l'instrument de mesure pourrait être détruit en cas d'erreurs d'actionnement du commutateur.

- 1 = Douille de mesure pour raccordement à la masse. Souvent, elle est aussi désignée par COM.
- 2 = Douille de mesure pour le raccordement de mesure.
- 3 = Echelles de mesure de courant, de tension et de résistance.
- 4 = Contacteur des plages de courant, de tension et de résistance.



Les multimètres numériques remplacent la grandeur de mesure analogique par un affichage numérique. Cela permet une résolution plus élevée et la lecture est plus aisée. De plus sur certains multimètres il est possible de conserver une valeur de mesure en mémoire ou d'avoir une sélection automatique de l'échelle de mesure. Si l'on dispose d'une interface appropriée, on peut y raccorder une imprimante ou un ordinateur.

- 1 = Contacteur marche/arrêt.
- 2 = Ecran d'affichage des valeurs de courant, de tension et de résistance.
- 3 = Contacteur rotatif de sélection des plages de courant, de tension et de résistance.
- 4 = Douille de mesure pour courant fort.
- 5 = Douille de mesure pour mesure de courant.
- 6 = Douille de raccordement à la masse. Souvent, elle est aussi désignée par COM.
- 7 = Douille de mesure pour les mesures de tension et de résistance.



Lorsque l'on achète un multimètre numérique, il faut vérifier si la résistance interne de l'appareil n'est pas trop faible. Plus la résistance interne d'un appareil de mesure de tension est faible, plus la probabilité d'une mesure erronée est élevée. La résistance d'entrée doit être supérieure à 10 MΩ. Cette haute résistance d'entrée entraîne par ailleurs également que les conducteurs de mesure ouverts reprennent des tensions d'ondulation, ce qui entraîne l'affichage de valeurs sur l'écran, même lorsque les conducteurs de mesure ne sont pas raccordés.

Pour avoir la marge d'erreur sur le résultat la plus faible, il faut régler le sélecteur du multimètre analogique pour que l'aiguille soit dans la partie droite de l'affichage.

*Sur les multimètres analogiques, on donne par exemple pour une mesure de tension une précision de $\pm 2,5\%$ FE. FE signifie **Fond d'Echelle**. Derrière cela se cache ce qui suit. Supposons que nous sélectionnions une plage de mesure de 15 Volts. Le fond d'échelle est donc à 15 Volts. Une tolérance de $+ 2,5\%$ sur cette valeur représente 15 V. $1,025 = 15,375$ Volts. La tolérance négative est alors de 15 V. $0,975 = 14,625$ Volts. D'après ce calcul, pour une mesure d'exactly 15 Volts, l'aiguille arrivera à fond d'échelle entre 14,625 V et 15,375 V. Mais cela signifie aussi que cette tolérance la tension, de $+ 0,375$ V et $- 0,375$ V pour l'ensemble de l'échelle, représente la tolérance absolue sur la tension.*

Sur les multimètres numériques, on trouve dans le manuel d'utilisation la donnée $\pm 0,25\%$ de la valeur de mesure + 1 chiffre. Cela signifie qu'au dernier chiffre, il faut ajouter le chiffre 1. Exemple, 12,64 V sont affichés, avec 1 chiffre, il s'agit en fait de $12,64\text{ V} + 0,01\text{ V} = 12,65\text{ V}$. Il est facile de tenir compte de la caractéristique $\pm 0,25\%$. Elle signifie que chaque valeur de mesure a une „imprécision“ de $\pm 0,25\%$.

1.1. Le travail avec le multimètre

Lorsque l'on utilise les conducteurs de mesure, le câble noir doit toujours être utilisé comme câble moins ou de masse. On mesure toujours l'objet à mesurer avec le câble rouge et sa pointe de mesure. Si le multimètre est incorrectement raccordé, le multimètre numérique affiche un moins, par exemple - 4,5 V, mais peut cependant être lu. Le multimètre analogique ne donne alors aucune indication.

Pour des mesures qui doivent être effectuées sur un module électronique, la prudence est recommandée. Le multimètre numérique est sensiblement moins brutal pour l'électronique que le multimètre analogique, parce que l'intensité du courant pourrait charger trop fortement l'objet mesuré.

Le multimètre analogique applique à ses bornes une tension de 1,5 V (tension de batterie), et à sa plus basse valeur ohmique, il passe un courant par exemple de 80 mA. Le multimètre numérique présente par exemple une tension de 2,7 V sur sa sortie pour un courant qui ne vaut que 0,85 mA.

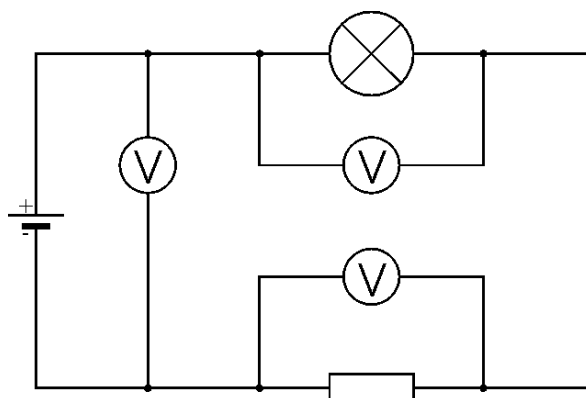
1.2. Les mesures avec le multimètre

Suivant la nature de la mesure, il faut tenir compte de trois choses :

- Réglage du contacteur de sélection suivant le type et la plage de mesure
- Raccordement des conducteurs de mesure aux douilles de mesure correspondantes de l'appareil de mesure
- Circuit correspondant au type de mesure à l'endroit de mesure

1.2.1. Mesure de la tension

Une mesure de tension est toujours raccordée en parallèle sur la charge. Pour cette raison, la résistance interne de l'appareil de mesure de tension doit présenter une résistance ohmique aussi élevée que possible pour ne pas influencer le circuit à mesurer.

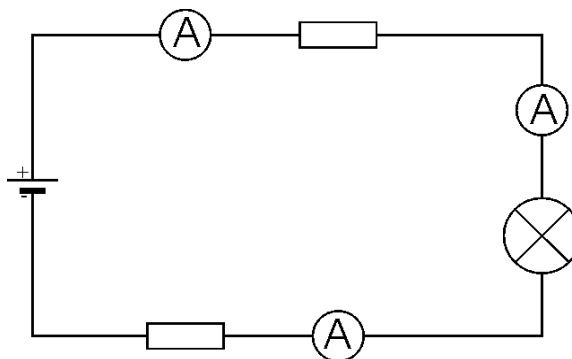


Lorsque l'on effectue une mesure à l'aide d'un appareil de mesure de tension, il faut tenir compte des éléments suivants :

- Tenir compte du type de tension (AC/DC).
- Choisir la plage de mesure la plus grande possible.
- Pour une tension continue, éventuellement tenir compte de la polarité.

1.2.2. Mesure de l'intensité du courant

Un appareil de mesure de courant (ampèremètre) est toujours raccordé en série sur la charge. A cet effet, le conducteur du circuit de courant doit être ouvert, pour insérer l'appareil de mesure dans le circuit de courant. Le courant doit alors traverser l'appareil de mesure. La résistance interne de l'ampèremètre doit être aussi basse que possible pour ne pas influencer le circuit de courant.



Pour la mesure à l'aide d'un ampèremètre, il faut tenir compte des éléments suivants :

- Tenir compte du type de courant (AC/DC).
- Sélectionner la plage de mesure la plus haute possible.
- Pour le courant continu, éventuellement tenir compte de la polarité.

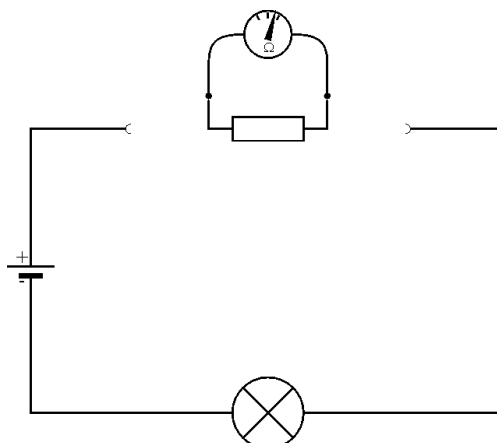
Si le circuit de courant est peu accessible ou ne peut être ouvert, il faut mesurer la tension sur une résistance connue du circuit de courant. On peut ensuite calculer le courant à l'aide de la loi d'ohm :

$$I = \frac{U}{R}$$

Une autre possibilité consiste à utiliser une pince ampèremétrique que l'on utilise en association avec le multimètre.

1.2.3. Mesure de la résistance

Pour éviter les erreurs de lecture et les imprécisions, le mieux est de mesurer la valeur de la résistance ohmique à l'aide d'un multimètre numérique.



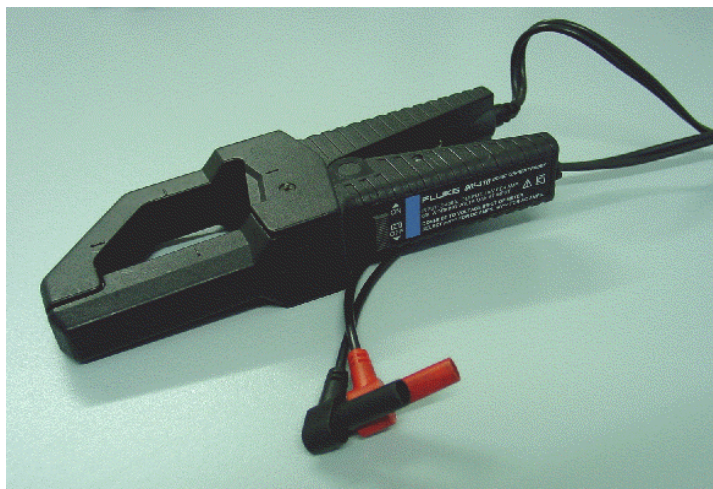
Dans le cas d'une mesure à l'aide d'un appareil de mesure de résistance (ohmmètre), il faut tenir compte des indications suivantes :

- Pendant la mesure, le composant à mesurer ne peut être raccordé à une source de tension, parce que l'appareil de mesure calcule la valeur de la résistance à partir de la tension et du courant.
- Le composant à mesurer doit être séparé d'un circuit au moins d'un côté. Sinon, les composants raccordés en parallèle influencent le résultat de la mesure.
- La polarité ne joue aucun rôle.

1.3. Pince ampèremétrique

La pince ampèremétrique permet de mesurer des courants dans une large plage, sans contact et sans ouvrir le circuit de courant. La plupart des pinces ampèremétriques sont capables de mesurer aussi bien des courants alternatifs que des courants continus. Dans le cas de mesures de courant, une mesure sans contact est particulièrement avantageuse, parce que dans cette mesure, aucun shunt de courant ne fausse le résultat de la mesure. Qu'il s'agisse d'une pince ampèremétrique alternative ou continue, la pince ampèremétrique ne peut entourer qu'un seul conducteur lors de la mesure. Une mesure sur un câble à plusieurs fils n'est pas toujours possible.

En association avec tout multimètre numérique présentant une plage de mesure de 200 mV, il est possible de mesurer des courants qui vont par exemple de 0,1 A à 1000 A. Le raccordement se fait directement sur la douille d'entrée du multimètre.



1.4. Indications pour le travail à l'atelier

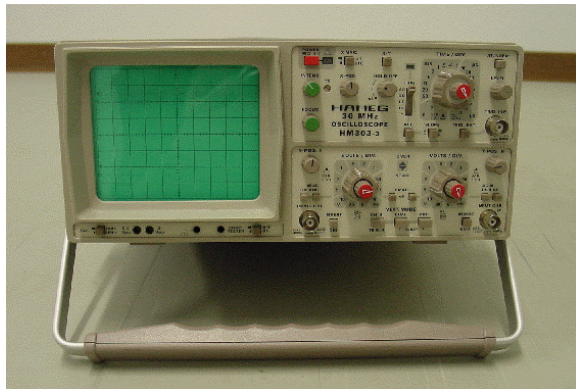
- Avant d'utiliser le multimètre, il convient de lire attentivement le manuel d'utilisation.
- Dans le cas des multimètres analogiques, les plages de mesure de courant et de résistance et parfois aussi les plages de tension peuvent être détruites par surcharge. Dans le cas d'un multimètre numérique, toutes les plages et fonctions de mesure sont protégées électroniquement. En revanche, il arrive souvent que la sortie Ampère pour courant fort (par exemple de 20 A) ne soit pas protégée.
- Des réglages erronés de la plage de mesure peuvent entraîner la destruction de la protection de l'appareil. Les mesures de valeurs entièrement inconnues doivent commencer dans la plage haute de mesure.
- Ne jamais effectuer de mesure non fiable. Les mesures interdites sur un véhicule à moteur sont sans transducteur par exemple : dans le circuit à haute tension de l'installation d'allumage, dans le circuit du démarreur et les mesures de résistance sur la batterie de démarrage. Ces mesures peuvent mettre la vie en danger et entraînent la destruction de l'appareil de mesure.
- Lors de la mesure sur des connecteurs de raccordements, il faut toujours utiliser des câbles d'adaptation appropriés pour éviter l'élargissement des contacts.

2. L'oscilloscope

Les oscilloscopes sont des appareils de mesure utilisables de nombreuses manières. Alors que les multimètres analogiques et numériques ne peuvent afficher que des valeurs fixes, un oscilloscope peut également représenter avec précision l'évolution de tensions alternatives et mixtes dans le temps. De plus, un multimètre ne prend une mesure que deux à trois fois par secondes.

L'oscilloscope est particulièrement important dans le domaine des véhicules à moteur ; si aucun code d'erreur n'a été mis en mémoire mais que des perturbations restent présentes, un test des composants est nécessaire pour détecter des erreurs sur des capteurs et des actuateurs. Avec un oscilloscope (portable) du commerce, et si on en dispose, dans les cas difficiles, un schéma de connexion, la recherche des défauts peut être très fructueuse même sans testeur de système.

Il existe des oscilloscopes dont les données techniques sont très différentes et pour les tâches de mesure les plus différentes. De plus, leur prix varie également beaucoup. Dans l'image ci-dessous, on en a représenté deux modèles.



Sur un oscilloscope analogique, l'image est représentée en permanence sur l'écran. Pour cette raison, les pauses extrêmement courtes de détection et de représentation du signal de mesure disparaissent.



Un oscilloscope numérique détecte le signal de mesure à des intervalles donnés et le présente sur l'écran. Cette circonstance, qui a première vue pourrait paraître désavantageuse, est compensée par le fait qu'une fois détectées, les images sont mises en mémoire et peuvent même être imprimées. Ainsi, on peut constater des défauts qui ne peuvent être détectés sur l'oscilloscope analogique parce qu'ils n'apparaissent que temporairement ou durent trop peu longtemps.

On utilise aujourd'hui principalement des oscilloscopes à deux canaux. Ils possèdent deux circuits électroniques similaires qui sont appelés par exemple canal A et canal B. Cela permet de représenter simultanément sur l'écran deux évolutions différentes de la tension, et ce en association temporelle correcte. Ainsi, un oscilloscope à deux canaux offre par exemple la possibilité de mesurer simultanément la tension d'entrée et la tension de sortie d'un circuit et de les comparer l'une à l'autre ou de les évaluer. Cependant, chaque canal peut aussi être utilisé indépendamment pour une mesure.

2.1. Les sondes d'un oscilloscope

Pour éviter des mesures erronées, on ne peut utiliser sur un oscilloscope que des connecteurs de mesure adaptés à l'appareil. Ils sont habituellement appelés sondes. Il existe différents modèles de sonde, qui se distinguent par la fréquence maximale qu'ils permettent de mesurer et la hauteur de la tension admissible qui peut leur être appliquée. Suivant le modèle, le signal est amené directement à l'entrée de l'oscilloscope (sonde 1/1) ou être affaibli d'un facteur 10 ou 100. La plus facile à utiliser est une sonde combinée. Elle peut être commutée entre un fonctionnement 1/1 et un fonctionnement 10/1. Des sondes à affaiblissement incorporé doivent être étalonnées avant chaque utilisation. Pour ce faire, il existe sur l'oscilloscope une sortie d'étalonnage sur laquelle un signal rectangulaire pur peut être repris. Sur la sonde se trouve une petite vis de réglage qui permet d'étalonner la sonde. La sonde est correctement équilibrée lorsque l'écran présente un signal rectangulaire pur (courbe centrale dans la figure ci-dessous).

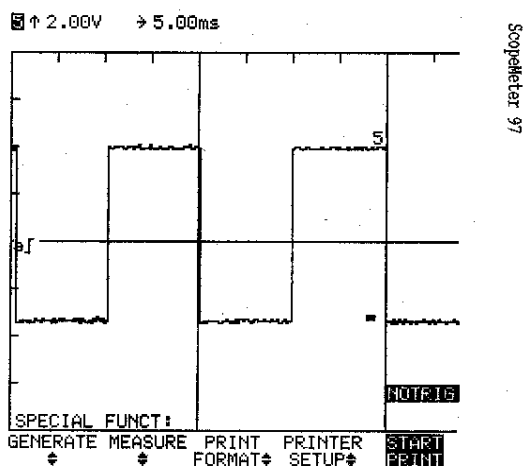


2.2. Eléments de contrôle de l'oscilloscope

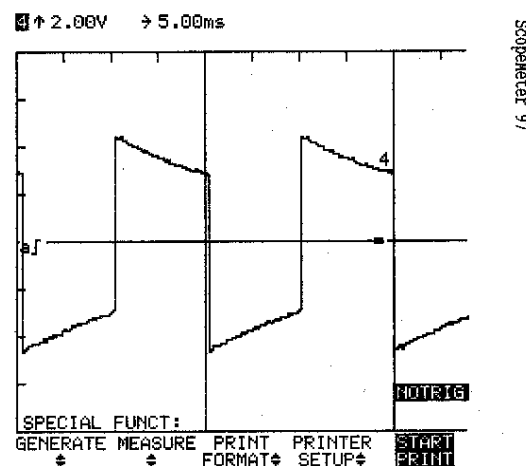
2.2.1. Réglage AC/DC/GND

Pour une mesure de tensions alternatives, on se règle sur AC, et pour la mesure de tensions continues, on se règle sur DC.

Lors d'un couplage AC, la partie continue de la tension est éliminée par filtration pour ne tenir compte de la partie alternative (intéressante) de la tension, par exemple les harmoniques de la tension de charge sur toute la hauteur de l'écran. Malheureusement, ce couplage entraîne que les signaux de tension purement continue sont représentés avec une distorsion.



Le couplage DC représente la partie alternative et la partie continue d'un signal.
 Avantage : le signal est représenté de manière exacte
 Désavantage : mauvaise résolution d'une partie alternative superposée



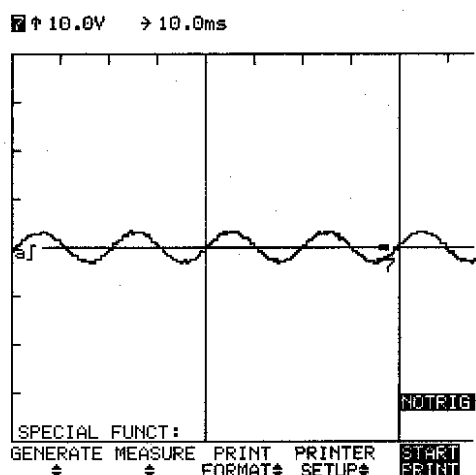
Le couplage AC filtre la partie alternative de la tension.
 Avantage : haute résolution de la partie alternative de la tension
 Désavantage : représentation faussée des signaux rectangulaires

Avec le réglage GND, les entrées de l'amplificateur Y sont placées sur la masse interne. Dans ce réglage, la position de la ligne nulle sur l'écran peut être vérifiée ou être réajustée sans qu'il faille débrancher le conducteur de mesure de l'objet mesuré.

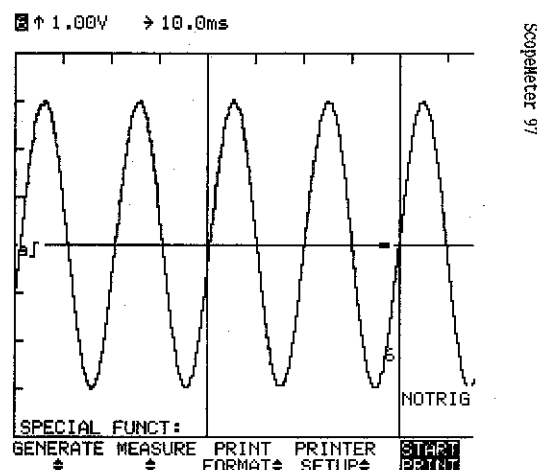
2.2.2. Réglage de l'axe Y

Un commutateur rotatif, l'amplificateur Y, qui s'appelle aussi touche mV/V, permet de régler la déviation du faisceau d'électrons dans la direction Y lors de chaque mesure, séparément et indépendamment sur les deux canaux d'un oscilloscope à deux canaux, de telle sorte que l'amplitude de la tension de mesure soit bien lisible. La grandeur de l'échelle de tension est ainsi constatée sur l'axe Y. La sélection correcte de l'échelle de tension définit de plus sous quelle taille le signal de mesure est représentée sur l'écran.

La plage de mesure de tension doit être sélectionnée de manière à obtenir sur l'écran un signal aussi grand que possible.



La plage de mesure de tension sélectionnée est trop grande. Le signal qui apparaît sur l'écran est trop petit. Le point de masse est indiqué au milieu du bord droit de l'écran par un petit rectangle.



La plage de tension a été correctement sélectionnée. Le signal apparaît sur l'écran à une taille maximale.

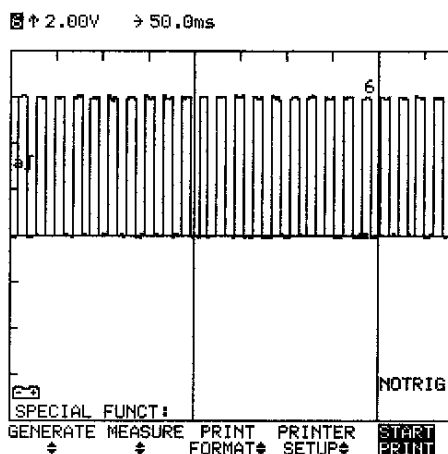
2.2.3. Réglage de l'axe X

Avec le commutateur rotatif de la déviation X ou touche TIME, on règle le coefficient de déviation X. Il donne le temps nécessaire pour que le faisceau d'électrons traverse une graduation d'échelle (DIV) dans la direction horizontale. Ainsi, par exemple 10 ms/div signifie que dans ce réglage, le faisceau se déplace d'une graduation d'échelle vers la droite en 10 ms. A partir des coefficients de déviation X, on peut alors calculer la durée T de la période et à partir d'elle la fréquence f de la tension du signal.

$$f = \frac{1}{T}$$

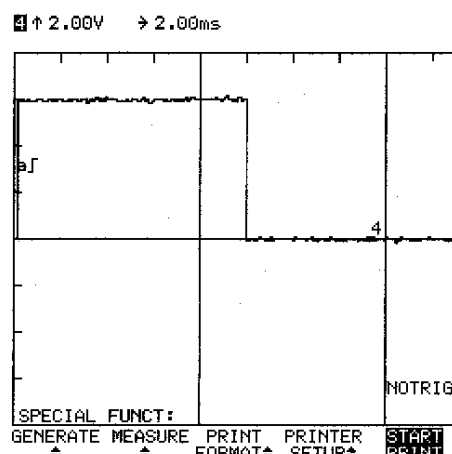
Sur l'axe X, on observe donc la grandeur de l'échelle de temps. La sélection correcte de l'axe du temps décide de plus à quelle largeur le signal de mesure est représenté.

La base de temps doit être sélectionnée de manière à rendre visible la totalité de l'information du signal. Dans de nombreuses applications, par exemple la mesure du rapport de sonde, la solution la plus simple est de travailler à l'échelle 100% (si elle est présente). C'est toujours une période du signal de mesure qui est alors représentée complètement.



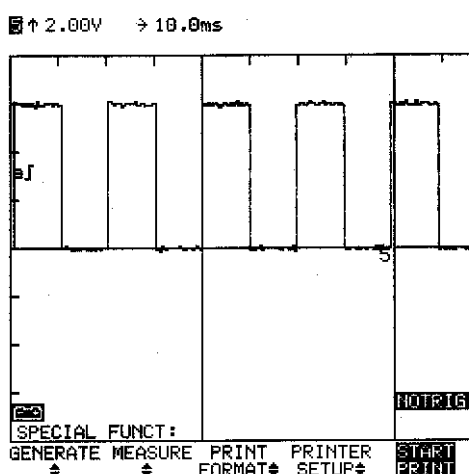
Scopemeter 97

La base de temps sélectionnée est trop grande. Il n'est pas possible d'observer le signal de manière précise.



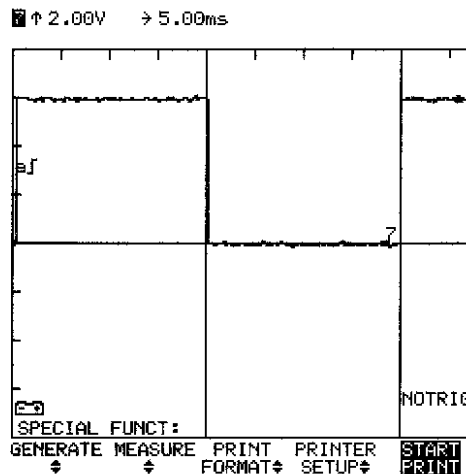
Scopemeter 97

La base de temps sélectionnée est trop petite. Des détails importants du signal de mesure pourraient être perdus.



Scopemeter 97

La base de temps sélectionnée est correcte. Une sélection correcte du temps a pour résultat une représentation pratique du signal sur l'écran.



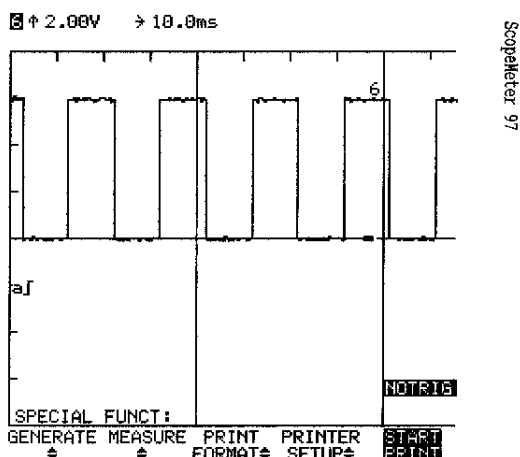
Scopemeter 97

Représentation à 100%. Dans cette représentation, c'est toujours une période complète qui est représentée sur l'écran.

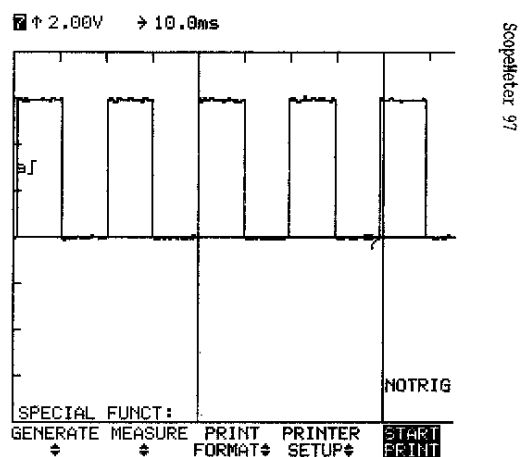
2.2.4. Réglage du trigger

Le trigger permet de faire toujours débuter le faisceau d'électrons au même endroit de la tension du signal lorsque la tension de mesure est périodique.

Le niveau de trigger détermine le niveau de tension à partir duquel l'image est représentée sur l'écran. Cela permet d'obtenir une image fixe pour l'œil de l'observateur. Si la taille du signal de mesure est toujours en dessous ou au-dessus de la valeur de tension du niveau de trigger, il n'est pas possible d'obtenir une image fixe. Le niveau de trigger doit être sélectionné de telle sorte que le signal de mesure traverse le niveau de trigger.

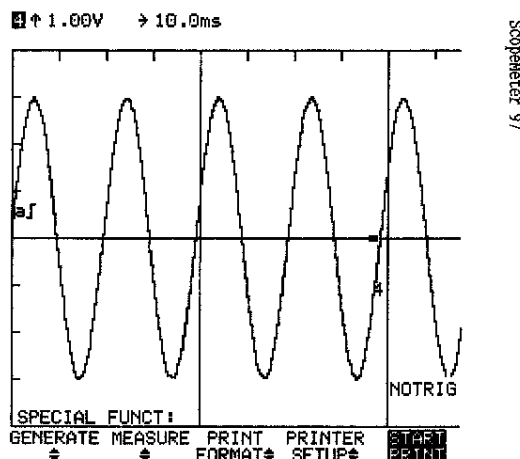


Le signal de mesure est plus petit que le niveau de trigger. Le signal se déplace sur l'écran. Le niveau de trigger est indiqué par un petit „a“ sur le bord gauche de l'écran.

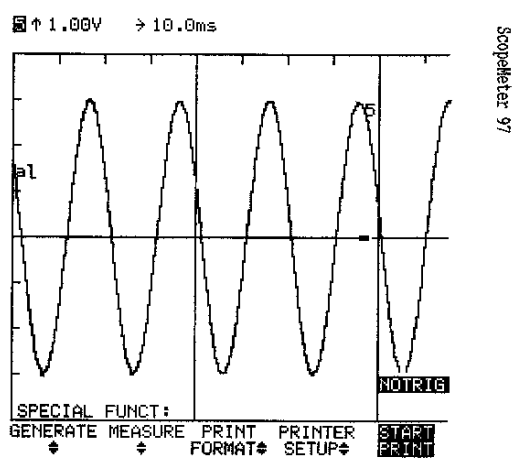


Le signal de mesure est plus grand que le niveau de trigger. Le signal est fixe sur l'écran.

A l'aide des flancs du trigger, on peut utiliser soit le flanc montant (positif) soit le flanc descendant (négatif) du signal de mesure. La sélection correcte du flanc de trigger définit le début du signal de mesure sur l'écran.



Le signal de mesure est sur le flanc positif de trigger.



Le signal de mesure est sur le flanc négatif de trigger.

2.3. Instructions de sécurité

- S'assurer que l'on est bien isolé vis-à-vis de la terre. Prendre soin de porter des vêtements secs et d'utiliser un tapis de caoutchouc ou un autre matériau d'isolation approprié et fiable.
- Lorsque l'on effectue une mesure, ne jamais toucher les conducteurs, des raccordements ouverts ou d'autres conducteurs conduisant une tension.

III Schémas de câblage

Pour fabriquer des pièces, on a besoin d'un dessin de fabrication, pour la construction d'une maison, d'un plan de construction et pour des circuits électroniques, tant pour leur fabrication que pour la recherche de défauts en cas de pannes, qui sera éventuellement nécessaire plus tard, un plan de câblage est incontournable.

Dans les véhicules automobiles, un schéma de connexion complet est particulièrement important. Car, d'une part, la longueur des câbles s'élève souvent à plusieurs centaines de mètres et ils sont placés sous forme de faisceaux ; d'autre part, seuls ces plans permettent de détecter de manière fiable comment les différentes fonctions sont associées dans le circuit.

1. Schémas de connexion

Dans les schémas de connexion, on distingue le schéma de raccordement, le schéma de câblage détaillé et le schéma de câblage global.

1.1 Schéma de raccordement

Dans le schéma de raccordement, on peut voir les points de raccordement d'un dispositif électrique et les liaisons conductrices qui y sont raccordées. Pour cette raison, ce plan sert en général de document de référence pour le branchement ou le remplacement de composants électriques.

Dans ce but, on y représente les composants d'une installation électrique avec le schéma de câblage qui y est associé, tous les points de raccordements ainsi que les désignations des bornes prescrites selon DIN, la plupart du temps en fonction de leur position. La représentation du schéma de raccordement ne s'effectue pas à l'échelle et néglige en général le câblage interne des appareils. Les symboles de connexion normalisés sont représentés en traits pleins, et les boîtiers des appareils en traits interrompus.

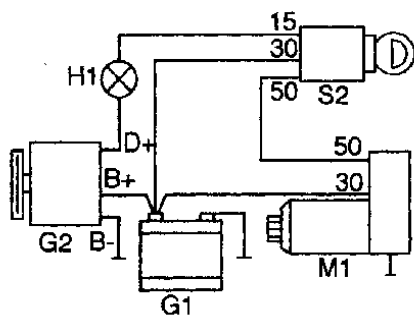


Schéma de raccordement imagé

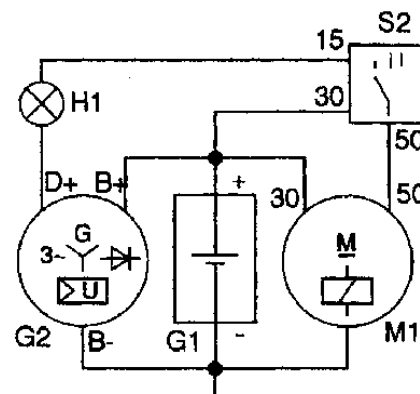


Schéma de raccordement avec symboles de connexion

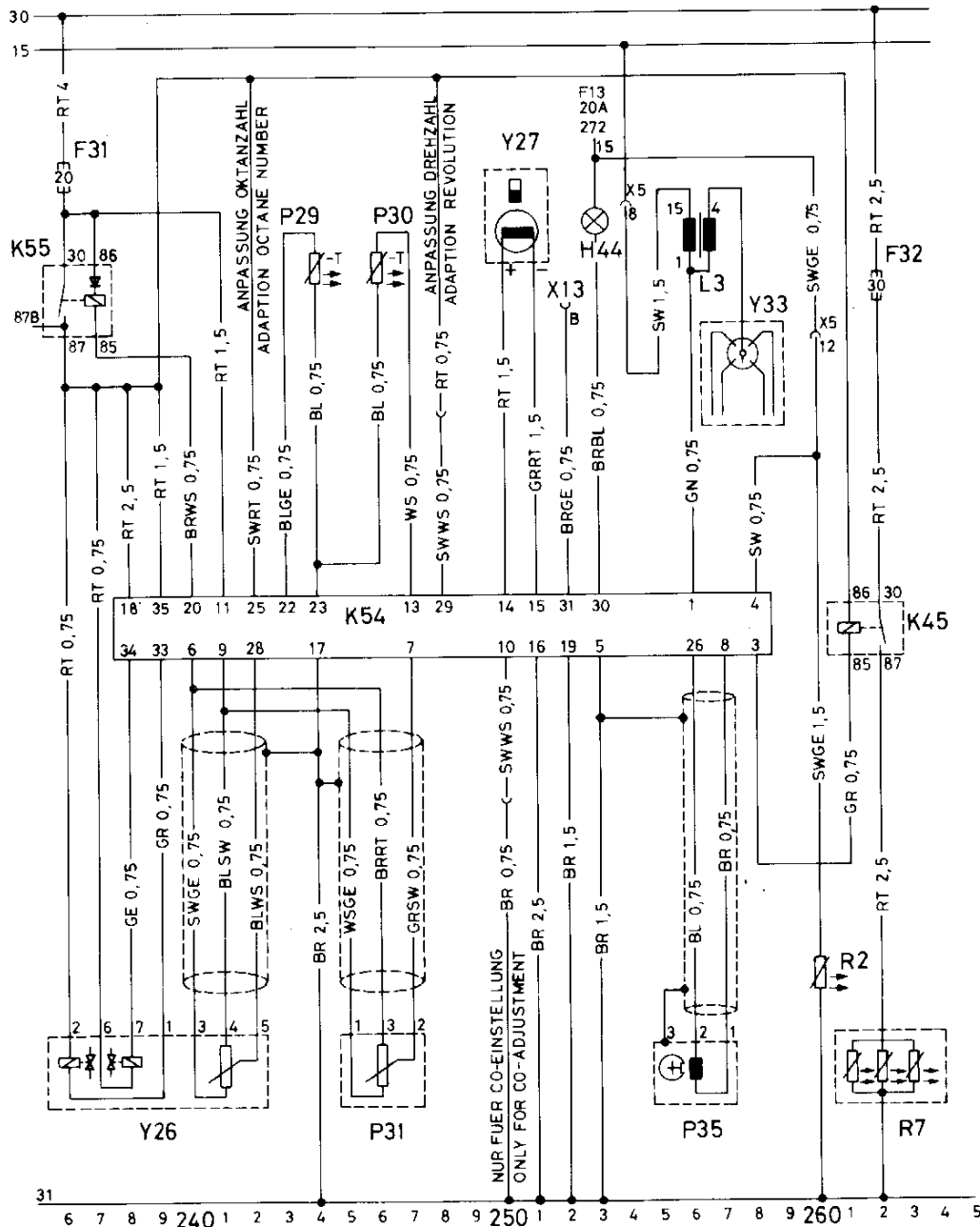
1.2. Schéma des circuits

Le schéma de câblage est particulièrement important pour le mécanicien de véhicules à moteur, parce qu'il permet de reconnaître clairement les parcours électriques et les opérations.

Pour représenter les composants par des dessins, on utilise des symboles de connexion et des désignations de bornes.

1.2.1. Schéma des circuits détaillé

Dans ce type de représentation, les parcours du courant (du plus vers le moins) sont représentés de manière détaillée. Les éléments de connexion sont représentés séparément sans tenir compte de leur position dans le véhicule.

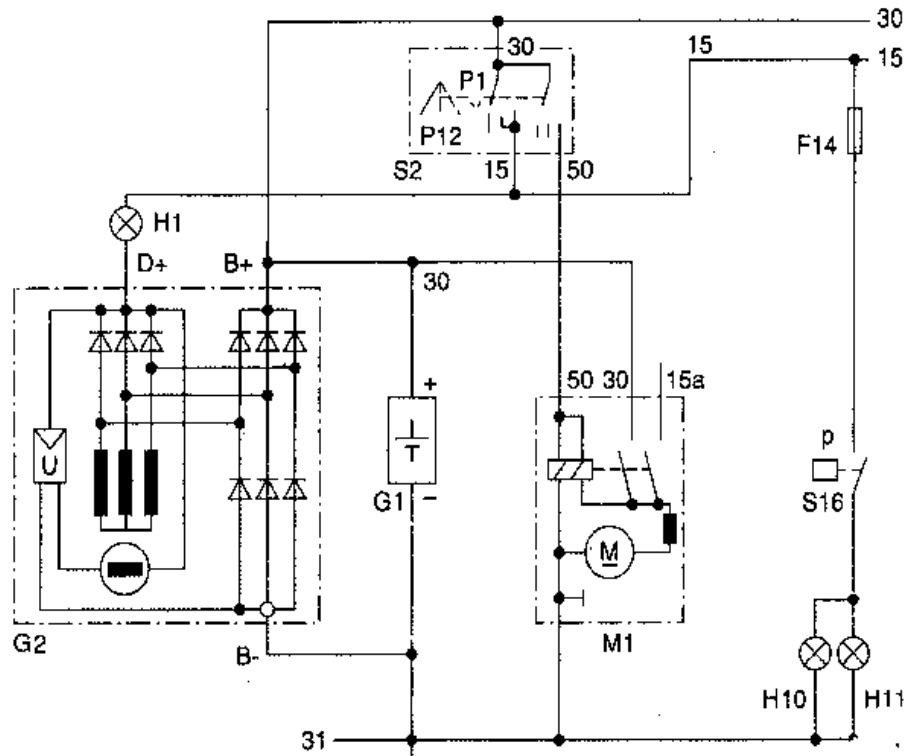


- F 31 = Protection 20A
- F 32 = Protection 30A
- K 54 = Commande du carburateur
- K 55 = Relais du carburateur
- K 45 = Relais du préchauffage du mélange
- L 3 = Bobine d'allumage
- P 29 = Sonde de température, air d'admission
- P 30 = Sonde de température, fluide de refroidissement

- 281 = Témoins de contrôle, instrument
- P 31 = Potentiomètre de papillon
- P 35 = Générateur d'impulsions à induction
- H 44 = Témoin de contrôle du moteur
- X 13 = Fiche de diagnostic
- R 2 = Préchauffage du carburateur
- R 7 = Préchauffage du mélange
- Y 26 = Actuateur du papillon de commande
- Y 23 = Distribution haute tension
- Y 27 = Papillon d'étranglement primaire

1.2.2. Schéma des circuits global

Ici, les composants individuels d'un circuit, le réseau de conducteurs, le câblage interne des appareils ainsi que l'association mutuelle de circuits différents sont représentés de la manière la plus synthétique. Le parcours des conducteurs doit y être le plus visible possible. On n'y tient pas compte de la position spatiale des appareils individuels. Les jonctions mécaniques sont caractérisées par des lignes de jonction en traits interrompus.



2. Dessin et lecture de schémas de câblage

Si l'on veut „lire“ un schéma de raccordement, un schéma de câblage détaillé ou un schéma de câblage global, il faut connaître les fondements suivant lesquels ces schémas de câblage ont été établis.

2.1. Généralités

- La plupart du temps, les schémas de connexion sont dessinés dans leur état hors tension et les appareils dans leur position de repos. Les schémas de connexion sont lus du haut vers le bas.
- Les conducteurs doivent être dessinés de manière visible, c'est-à-dire que les conducteurs doivent être présentés si possible en lignes droites verticales ou horizontales. On doit largement éviter les croisements.
- Toutes les parties du schéma de connexion doivent être dessinées en lignes de même épaisseur. Des exceptions sont possibles pour les symboles de connexion et les composants que l'on veut mettre en avant de manière particulière, par exemple la bobine d'allumage. La plus petite largeur de ligne sera de 0,25 mm. La longueur et la largeur des lignes n'influencent absolument pas le sens d'un symbole de connexion.

- Pour pouvoir suivre plus aisément les conducteurs sur le schéma de connexion, il faut maintenir une distance suffisante entre les conducteurs.
- Les parcours de courant commencent par une ligne horizontale pour la source de tension et se terminent par une ligne horizontale pour le conducteur de retour. Entre la source de tension et le conducteur de retour, des parcours de courant conduisent aux composants individuels.
- Les lignes de direction éventuellement nécessaires ne sont pas dessinées dans les lignes des conducteurs mais en dessous de celles-ci.
- Les symboles de connexion peuvent être dessinés en position quelconque, suivant ce qu'impose la visibilité nécessaire.
- Les composants compliqués du circuit doivent être représentés par une combinaison de symboles de connexion de base. Cela vaut en particulier pour les combinaisons de commutateurs.

2.2. Le circuit de courant

2.2.1. Représentation massique

Pour l'électricité des véhicules à moteur, on préfère les systèmes à un conducteur du fait de leur simplicité, c'est-à-dire que l'on utilise la masse du véhicule (pièces métalliques du véhicule) comme conducteur de retour. Si, dans un dessin, on représente des conducteurs de départ et de retour, cela signifie soit qu'il n'y a pas de garantie qu'il existe une liaison bien conductrice entre les parties individuelles de la masse, soit qu'il s'agit de tensions plus élevées. La masse est caractérisée par le symbole de connexion à la masse. Tous les symboles de masse sont reliés électriquement les uns aux autres. Si un appareil est fixé à la masse du véhicule et que pour cette raison, il faut également établir la liaison à la masse, on le représente par un symbole de masse qui part de l'encadrement du symbole de l'appareil.

2.2.2. Désignation des bornes

Le système de la désignation des bornes est normalisé (DIN 72552) et doit permettre un raccordement si possible sans défaut des conducteurs aux appareils, et ce surtout dans le cas de réparation et de remplacement de modules. En principe, il faut tenir compte du fait que la désignation des bornes ne constitue pas simultanément une désignation des conducteurs, parce que des appareils dont les bornes ont des désignations différentes peuvent être raccordés aux deux extrémités d'un conducteur. Pour cette raison, la désignation des bornes est apportée aux extrémités de raccordement.

Borne	Signification	Borne	Signification	Borne	Signification
1	Bobine d'allumage, allumeur Basse tension		démarrateurs avec commande séquentielle	71	Relais séquentiel de tonalités Entrée
1 a	Allumeur à deux circuits séparés vers le rupteur I		Relais de démarrage pour commande séquentielle du courant	71 a	Sortie vers avertisseur 1+ 2 grave
1 b	vers le rupteur II		d'engrènement en cas d'exploitation en parallèle de deux démarreurs	71 b	Sortie vers l'avertisseur 1+ 2 aigu
2	Borne de court-circuitage (allumage par magnéto)	50 c	Entrée sur relais de démarrage pour le démarreur I	72	Commutateur d'alarme
4	Bobine d'allumage, allumeur Haute tension	50 d	Entrée sur relais de démarrage pour le du démarreur II	75	Radio, allume-cigares
4 a	Allumeur à deux circuits séparés de la bobine I, borne 4		Relais de blocage du démarreur	76	Haut-parleurs
4 b	de la bobine II, borne 4	50 c	Entrée	77	Commande des valves d'actionnement des portes
15	Positif connecté après la batterie (sortie du commutateur d'allumage (de marche))	50 f	Sortie		Interrupteurs et commutateurs
15 a	Sortie de la résistance ballast vers la bobine et le démarreur		Relais de répétition du démarrage		Contact de repos et contact bidirectionnel
	Commutateur de préchauffage- démarrage	50 c	Entrée	81	Entrée
17	Démarrage	50 h	Sortie	81 a	1 ^e sortie, côté contact de repos
19	Préchauffage		Alternateur	81 b	2 ^e sortie, côté contact de repos
30	Entrée directe du positif de la batterie	51	Tension continue au redresseur		Contact de travail
30 a	Coupleur de batteries 12/24 V Entrée du positif de la batterie II	51 e	Dito, avec inductance pour conduite de jour	82	Entrée
31	Câble de retour relié directement au négatif de la batterie ou à la masse		Signaux de remorque	82 a	1 ^e sortie
31 b	Câble de retour relié au négatif de la batterie ou à la masse par l'intermédiaire d'un contacteur ou relais (négatif connecté)	52	Transmission de signaux de la remorque au véhicule tracteur	82 b	2 ^e sortie
	Coupleur de batteries 12/24 V		Moteur d'essuie-glace, entrée (+)	82 z	1 ^e entrée
31 a	Câble de retour au négatif de la batterie II	53	Moteur essuie-glace (+), arrêt en fin de course	82 y	2 ^e entrée
31 c	Câble de retour au négatif de la batterie I	53 a	Moteur d'essuie-glace (enroulement en dérivation)		Interrupteurs à plusieurs positions
	Moteurs électriques	53 b	Pompe électrique du lave-glace	83	Entrée
32	Câble de retour 1)	53 c	Moteur d'essuie-glace (enroulement de freinage)	83 a	Sortie, position 1
33	Connexion principale 1)	53 e	Moteur d'essuie-glace avec aimant permanent et 3 ^e balai (pour haute vitesse)	83 b	Sortie, position 2
33 a	Arrêt en fin de course		Signaux de remorque	83 L	Sortie, position à gauche
33 b	Champ en dérivation	54	Prise de remorque et feux combinés, feux stop	83 R	Sortie, position à droite
33 f	Pour 2 ^e vitesse inférieure	54 g	Valve pneumatique à commande électromagnétique pour frein permanent de remorque		Relais de courant
33 g	Pour 3 ^e vitesse inférieure		Projecteurs antibrouillard	84	Entrée, commande et contact de relais
33 h	Pour 4 ^e vitesse inférieure	55	Projecteurs principaux	84 a	Sortie, commande
33 L	Rotation à gauche	56	Feux de route et lampe témoin	84 b	Sortie, contact de relais
33 R	Rotation à droite	56 a	Feux de croisement		Relais de commande
	Démarrreur	56 d	Avertisseur optique	85	Sortie, commande (fin de l'enroulement au négatif ou à la masse)
45	Sortie sur relais de démarrage séparé ; entrée sur démarreur (courant principal)	57	Feux de position pour motocyclettes (à l'étranger aussi pour voitures, camions, etc.)		Entrée, commande
	Exploitation en parallèle de deux démarreurs Relais de démarrage pour courant d'engrènement	57 a	Feux de stationnement	86	Début de l'enroulement
45 a	Sortie démarreur I, Entrée des démarreurs I et II	57 L	Feu de stationnement, gauche	86 a	Début de l'enroulement
45 b	Sortie du démarreur II	57 R	Feu de stationnement, droit	86 b	Prise fixe sur enroulement
48	Borne sur le démarreur et sur le relais de répétition du démarrage	58	Feux de position, arrière, éclairage de plaque d'immatriculation et de tableau de bord		Relais à contact de repos et à contact bidirectionnel
	Centrale clignotant (générateur d'impulsion)	58 b	Commutation des feux arrière sur les motoculteurs	87	Entrée
49	Entrée	58 c	Sur prise de remorque en cas d'utilisation d'un câble d'alimentation à un conducteur pour les feux arrière de remorque (pour protection séparée)	87 a	1 ^e sortie (côté contact de repos)
49 a	Sortie	58 d	Eclairage de tableau de bord réglable, feux arrière et de position	87 b	2 ^e sortie
49 b	Sortie du 2 ^e de clignotement	58 L	à gauche	87 c	3 ^e sortie
49 c	Sortie du 3 ^e circuit de clignotement	58 R	à droite, éclairage de la plaque d'immatriculation	87 z	1 ^e entrée
	Démarrreur		Alternateur	87 y	2 ^e entrée
50	Commande du démarreur (directe)	59	Tension alternative, sortie; redresseur, entrée	87 x	3 ^e entrée
50 a	Coupleur de batteries, sortie pour commande du démarreur	59 a	Induit de charge, sortie		Relais à contact de travail
50 b	Commande du démarreur en cas d'exploitation en parallèle de deux	59 b	Induit de feux arrière, sortie	88	Entrée
		59 c	Induit de feux stop, sortie		Relais à contact de travail et à contact bidirectionnel (côté contact de travail)
		61	Contrôle de génératrice	88 a	1 ^e sortie
				88 b	2 ^e sortie
				88 c	3 ^e sortie
					Relais à contact de travail
				88 z	1 ^e entrée
				88 y	2 ^e entrée
				88 x	3 ^e entrée
					Génératrice et régulateur
				B+	Positif batterie
				B-	Négatif batterie
				D+	Positif Dynamo
				D-	Négatif Dynamo
				DF	Dynamo « excitation »
				DF1	Dynamo « excitation 1 »
				DF2	Dynamo « excitation 2 »
					Alternateur triphasé
				U, V, W	Borne à courant triphasé

2.3. Composants d'un circuit de courant

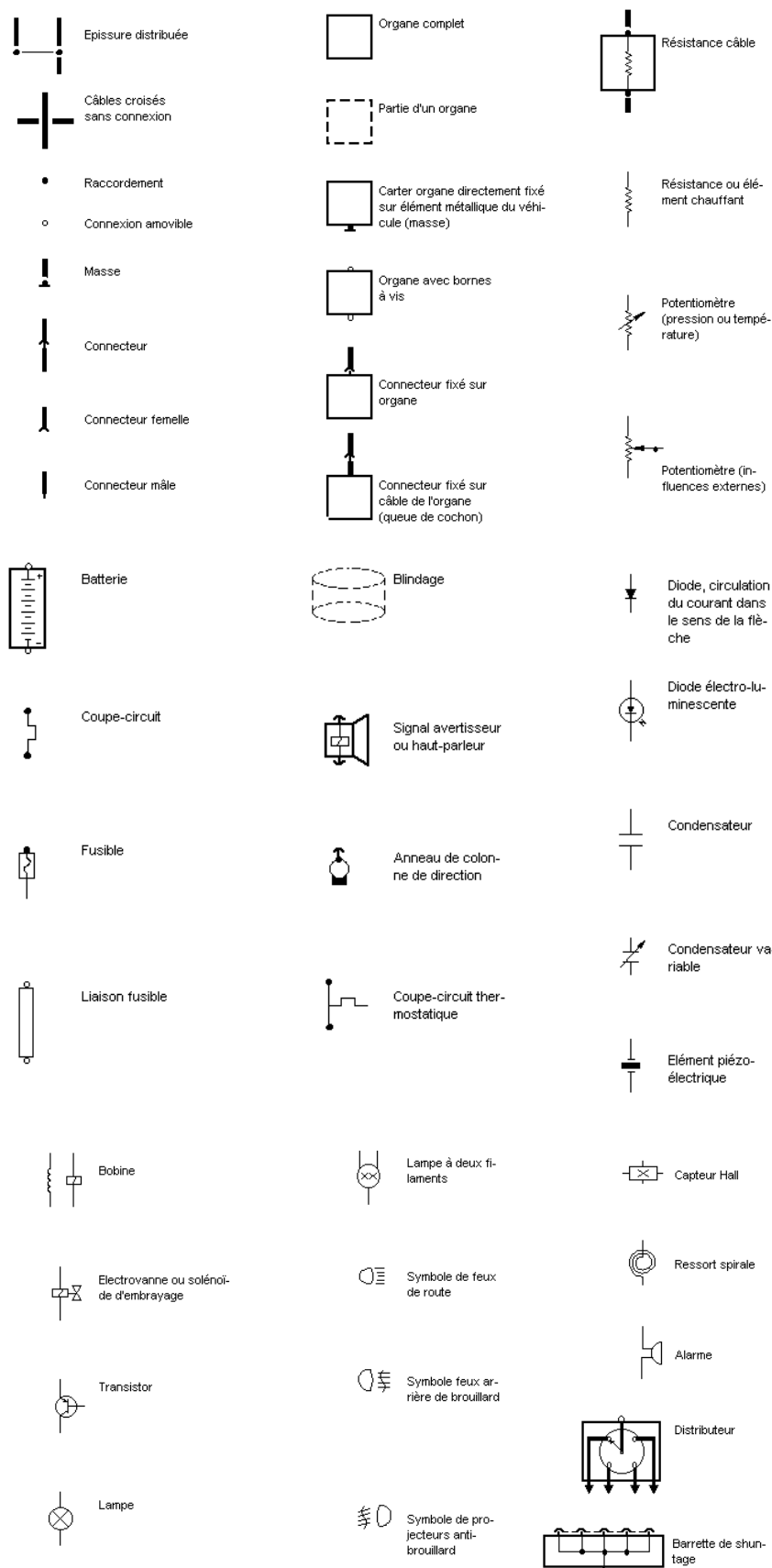
2.3.1. Identification des appareils électriques

Les bornes de raccordement et les fiches de raccordement sont désignées par les désignations de bornes prévues sur l'appareil. L'identification selon DIN 40719 Partie 2 sert à identifier de manière claire, compréhensible dans tous les pays, des installations, appareils, composants, etc. qui sont représentés par des symboles de connexion dans un schéma de connexion et qui apparaissent à proximité immédiate du symbole de connexion.

Repère d'identification	Type d'appareil (exemples)
A	Appareils, ensembles et sous-ensembles fonctionnels Autoradio, centrale de commande et ensemble d'appareils.
B	Transducteur d'une grandeur non électrique en une grandeur électrique et vice-versa Palpeur, sonde, capteur, fanfare, avertisseur sonore, microphone, haut-parleur, débitmètre d'air
C	Condensateurs de toutes sortes
D	Opérateurs binaires, mémoires Dispositif numérique, circuit intégré, mémoire, retardateur, temporisateur
E	Matériel divers Eclairage de toutes sortes, chauffage, climatiseur, bougie d'allumage, allumeur (distributeur)
F	Dispositifs de protection Dispositifs de protection contre l'inversion de polarité, fusible, circuit de protection contre les surintensités, circuit de protection contre les surtensions
G	Dispositifs d'alimentation Batterie, génératrice, redresseur, chargeur, génératrice à allumage par magnéto, convertisseur
H	Appareils de contrôle, d'avertissement, de signalisation Indicateurs sonores et visuels, contrôle des feux clignotants, feux clignotants, feux stop, indicateur de feux de route, contrôle de la génératrice, lampe de contrôle, lampe de signalisation, ronfleur d'avertissement
K	Relais Relais de batterie, centrale clignotante, relais de feux clignotants, contacteur à solénoïde, relais de démarrage, centrale mixte direction-détresse
L	Inductances Bobines, enroulements
M	Moteurs Moteur de soufflante, moteur de ventilateur, moteur de lave-glace, moteur d'essuie-glace, moteur de démarreur
N	Régulateurs, amplificateurs Régulateur (électronique ou électro-mécanique), stabilisateur de tension
P	Appareils d'essai, de signalisation et de mesure Instruments de mesure et d'indication, prise diagnostic, point de mesure, appareil de mesure, appareil d'essai, tachymètre, montre
R	Résistances Bougie de préchauffage à flamme, bougie de préchauffage, contrôle de préchauffage, résistance chauffante, potentiomètre, rhéostat, résistance ballast, câble résistif, allume-cigares
S	Appareils de commande et de connexion Interrupteurs et boutons-poussoirs de toutes sortes, rupteur d'allumage
T	Transformateurs Convertisseurs de courant, bobine d'allumage
U	Convertisseurs de grandeurs électriques en autres grandeurs électriques, modulateurs Convertisseurs de courant continu, convertisseurs de toutes sortes
V	Semi-conducteurs Diode, redresseur, semi-conducteurs de toutes sortes, transistor, thyristor, diode Zener
W	Voies de transmission, conducteurs, antennes Antenne automobile, câble blindé, dispositif de blindage, faisceaux de câbles, conducteur électrique, câble commun de masse
X	Bornes, connecteurs, fiches Connexion, borne, prise, fiche mâle, fiche de connexion
Y	Appareils mécaniques actionnés électriquement Aimant permanent, injecteur, pompe électrique à carburant, électro-aimant, électro-aimant de commande, électrovalve, système de verrouillage des portes, dispositif de verrouillage centralisé
Z	Filtres électriques Éléments d'antiparasitage, réseau de filtres

2.3.2. Symboles de connexion importants en électronique de véhicule

Les symboles de connexion sont représentés au repos, c'est-à-dire dans un état hors tension, sans courant et non actionnés mécaniquement.



2.3.3. Conducteurs de courant

Dans les schémas de connexion, les conducteurs sont souvent dotés d'abréviations, par exemple RO/GN ou BK/WH.

Ces abréviations donnent des indications sur l'identification colorée du conducteur. Cette identification est normalisée selon DIN 72551 et facilite le travail du mécanicien. On y distingue les couleurs de base et les couleurs caractéristiques. La couleur de base est la couleur prédominante du conducteur. Pour permettre une différenciation supplémentaire des couleurs de base, les conducteurs sont encore identifiés par des lignes colorées qui s'étendent dans le sens de sa longueur ou en spirale – les couleurs caractéristiques.

L'indication reprise avant la barre oblique désigne la couleur de base, tandis que celle située derrière la barre oblique donne la couleur caractéristique.

Par exemple : RD/WH : il s'agit de la couleur de base rouge et de la couleur caractéristique blanche.

Pour les couleurs, on utilise les abréviations suivantes :

Caractérisation allemande des couleurs

GN	=	vert
BR	=	brun
WS	=	blanc
RO	=	rouge
HB	=	bleu clair
GE	=	jaune
SW	=	noir
GR	=	gris
BL	=	bleu
EL	=	ivoire
NF	=	couleur naturelle
RS	=	rose
VI	=	violet

Caractérisation Internationale des couleurs

(DIN IEC 757)

BK	=	noir
BN	=	brun
BU	=	bleu
GN	=	vert
GY	=	gris
LB	=	bleu clair
OG	=	orange
PK	=	rose
RD	=	rouge
SR	=	argent
TN	=	brun clair
VT	=	violet
WH	=	blanc
YE	=	jaune

On range également la couleur de base à une utilisation définie suivant la norme DIN, comme suit :

Couleur de base	Application
Rouge	Conducteurs de la batterie au générateur et aux conducteurs d'allumage et d'éclairage
Noir	Conducteurs entre les batteries et les démarreurs ; du conducteur de démarrage à la bobine d'allumage ou à l'installation de préchauffage, du contacteur de démarrage au consommateur de jour ; comme conducteur de commande de l'installation de démarrage
Vert	Conducteurs de la bobine d'allumage aux „rupteurs“
Gris	Conducteurs pour l'éclairage de position et de délimitation ainsi que pour l'éclairage de la plaque d'immatriculation
Jaune	Conducteurs pour les feux de croisement
Blanc	Conducteurs pour les feux de route
Bleu	Conducteurs pour les lampes de contrôle du générateur ou autres lampes de signalisation
Brun	Conducteurs de masse

Certains constructeurs utilisent d'autres couleurs pour identifier les câbles. Il est important pour le technicien de se familiariser avec ses couleurs.

IV Capteurs et actuators

Tous les systèmes électroniques ont en commun qu'ils fonctionnent selon le principe ETS (Entrée, Traitement, Sortie) du traitement de l'information.



Les **organes d'entrées** sont les capteurs qu'on appelle aussi générateurs de signaux, sondes ou transducteurs de mesure.

Le **traitement** de signaux électriques est réalisé à l'aide d'une centrale de commande qui prend les décisions à l'aide des programmes et amorce les actuators.

La **sortie** comprend les actuators (actionneurs) qui transforment les instructions de l'appareil de commande pour agir sur le système.

Selon l'utilisation, les capteurs et actuators peuvent fonctionner de façon analogique, binaire ou numérique.

1. Capteurs

Les capteurs sont utilisés notamment dans les trois domaines suivants :

- Sécurité (p.ex. système ESP, système ABS et airbag)
- Groupe motopropulseur (p.ex. sonde lambda, capteur d'arbre à cames et capteurs de cliquetis)
- Confort (p.ex. capteur de pluie, capteur pour le système de conditionnement d'air et récepteur de télécommande de portes)

Les capteurs permettent de transformer des valeurs physiques en valeur électriques. Selon leur mode de fonctionnement, on distingue les capteurs actifs et les capteurs passifs. La définition de ces deux qualificatifs n'est pas clairement définie et fait l'objet de discussion entre experts

- Les capteurs actifs sont des capteurs alimentés par une tension, qui contiennent des éléments d'amplification ou qui génèrent un signal. Le signal sort, par l'électronique intégrée dans le capteur, sous forme de tension digitale.
- Les capteurs passifs sont des capteurs qui ne contiennent que des éléments passifs (bobine, résistance, condensateur). Le plus souvent les signaux sortent sous forme de tension analogique.

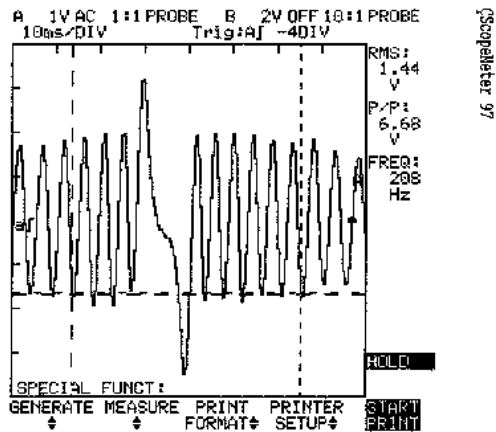
Les capteurs de l'ABS peuvent donc être « passifs » ou « actifs ». Des capteurs non alimentés par une tension permanente (bobine « passive ») sont appelés passifs. Les capteurs dont les éléments électroniques « actifs » sont en permanence reliés à l'alimentation électrique, par exemple les capteurs à effet hall, sont appelés actifs.

L'électronique de la voiture peut seulement fonctionner si les capteurs -les organes des sens des appareils de commande- transforment les variables physiques comme p.ex. les températures, les vitesses de rotation, les angles, les pressions etc. en signaux électriques et si les capteurs transmettent ces signaux à l'appareil de commande. Etant donné que les capteurs sont exposés souvent aux conditions extrêmes selon leur lieu d'utilisation dans la voiture, le succès de l'électronique du moteur dépend de leur fonctionnement fiable.

Dans ce qui suit sont décrits quelques capteurs importants pour la commande et le réglage des différents systèmes dans l'automobile.

1.1. Capteur inductif

Pour la saisie de mouvements (vitesses de rotation, rotations de vilebrequin, etc.) et de positions (position de vilebrequin) on utilise par exemple des capteurs qui fonctionnent selon le principe d'induction (dénommés aussi capteurs inductifs). Le principe physique concernant la production d'une tension inductive repose sur la variation avec le temps du champ magnétique. Par exemple, le capteur de régime balaye les dents de la couronne du volant moteur et fournit une impulsion de sortie par dent.

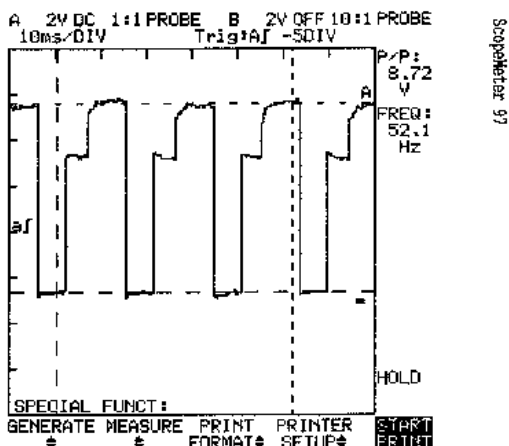


L'image ci-dessus représente l'allure du signal d'un capteur de position de vilebrequin à la vitesse de rotation du démarreur.

1.2. Capteur à effet Hall

Il est également possible de déterminer des vitesses de rotation (capteur de vitesse de rotation, capteur de vitesse du véhicule) et des positions (point d'allumage) à l'aide d'un capteur à effet Hall. Dans la sonde à effet Hall, une tension U_H (tension de Hall) proportionnelle à la densité de champ magnétique B est créée. Un écran rotatif permet de modifier le champ magnétique en phase avec la vitesse de rotation de l'allumeur et il est ainsi possible de créer un signal de tension variant avec le champ magnétique B .

La tension U_H mesurée sur le générateur Hall est de quelques millivolts et doit être amplifiée à l'aide d'un circuit intégré Hall et transformée en signal de tension rectangulaire (signal binaire).



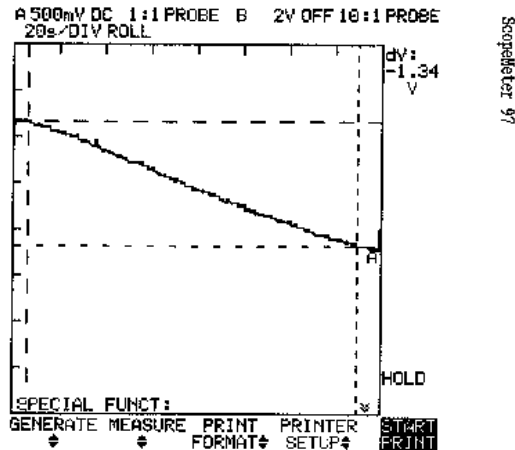
L'image ci-dessus représente l'allure du signal d'un capteur à effet Hall dans le distributeur d'allumage au ralenti.

1.3. Capteur de température

Les mesures de température du moteur et de l'air aspiré fournissent à l'appareil de commande électronique des données importantes relatives aux phases de charge du moteur. Les capteurs de température mesurent électroniquement la température à partir des modifications de résistances au moyen de résistances NTC ou de résistances PTC. La plupart du temps des résistances NTC sont utilisées.

L'abréviation NTC signifie **C**oefficient de **T**empérature **N**égatif : en cas d'une augmentation de température la valeur de la résistance diminue. L'abréviation PTC signifie **C**oefficient de **T**empérature **P**ositif : en cas d'une augmentation de température la valeur de la résistance augmente.

Les valeurs de résistance correspondantes aux valeurs de températures sont transmises à l'appareil de commande sous forme d'un signal de tension.

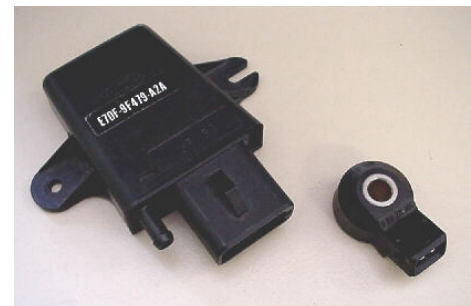
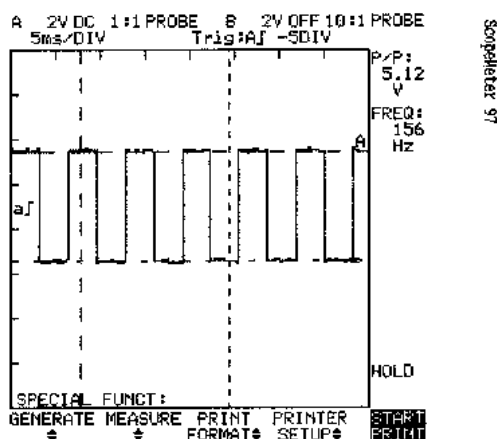


L'image ci-dessus représente le signal de tension d'un capteur de température de liquide de refroidissement pour une température de 80°C.

1.4. Capteur de pression

Pour la mesure des pressions absolues ou bien relatives on utilise des capteurs piézoélectriques ou capacitifs. Ces derniers créent une tension électrique lorsqu'ils sont soumis à une pression.

Dans le domaine du moteur ces capteurs piézoélectriques sont utilisés comme capteurs de cliquetis et comme capteurs de pression dans le collecteur d'admission p. ex. dans des installations d'injection, et signalent l'état de charge du moteur à l'appareil de commande.

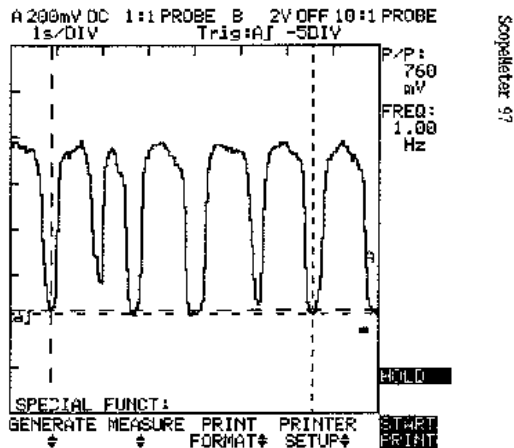


L'image ci-dessus représente le signal d'un capteur de pression, dont la fréquence se modifie selon la pression du collecteur d'admission.

1.5. Sonde d'oxygène (sonde lambda)

Pour qu'on puisse respecter le plus exactement possible une valeur lambda de $\lambda = 1,00$ pour le traitement des gaz toxiques dans le catalyseur, le système d'échappement est pourvu d'une sonde à oxygène connue sous le nom de sonde lambda. Le capteur se compose d'une pièce creuse spéciale qui est fermée d'un côté et dont la partie intérieure est connectée avec l'air extérieur, tandis que la paroi extérieure est en contact avec les gaz d'échappement chauds.

S'il y a de l'oxygène dans les gaz d'échappement, la sonde réagit en créant un signal de tension U_λ . La tension varie suivant la richesse du mélange. La tension est transmise à l'appareil de commande et à partir de là, le mélange air/carburant est mis à $\lambda = 1,00$ par l'intermédiaire du circuit de réglage λ .

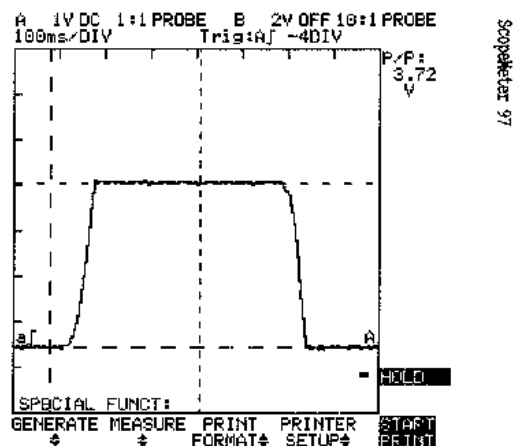


L'image ci-dessus représente le signal d'une sonde lambda zirconium au régime de ralenti.

1.6. Potentiomètre

Pour la détermination de la position du papillon des gaz, de la pédale de l'accélérateur etc. on utilise des capteurs potentiométriques, c'est-à-dire des capteurs qui modifient leur résistance effective.

Pour la position du papillon des gaz, le balai d'un potentiomètre est actionné de façon proportionnelle à la position du papillon des gaz de sorte qu'une chute de tension correspondante se produit et est transmise à l'appareil de commande.

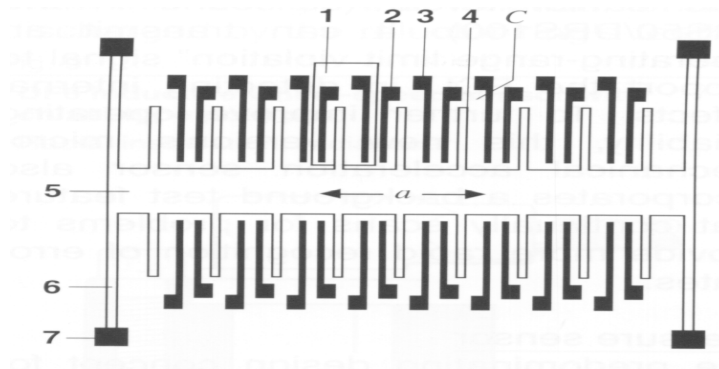


L'image ci-dessus représente le signal d'un capteur de papillon des gaz lors d'une accélération suivie d'une décélération.

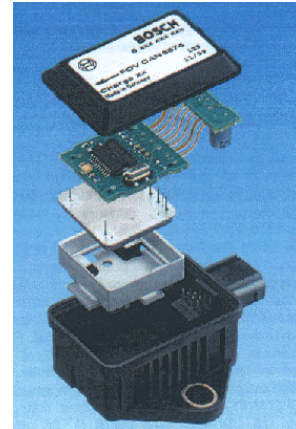
1.7. Capteurs capacitifs

Actuellement, le secteur automobile fait de plus en plus usage de capteurs capacitifs (mesure du niveau d'huile, suspension pilotée, capteur d'accélération). A cet effet, on utilise par exemple la modification de la capacité des deux condensateurs avec une électrode centrale.

La position de l'électrode centrale change sous l'influence d'une force. A ce moment, elle s'éloigne d'une électrode et se rapproche de l'autre. La capacité diminue ou augmente en conséquence. En calculant la différence, on obtient la mesure de l'accélération. Un tel condensateur différentiel est composé d'un matériau à base de silicium et peut donc être produit en grandes quantités et à bas prix.

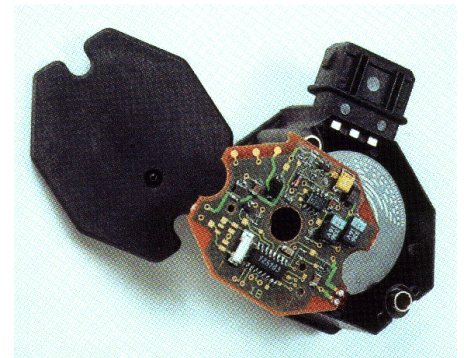


1 = Élément de condensateur; 2 + 3 = Electrodes fixes;
4 = Electrode mobile; 5 = Masse mobile; 6 = Barrette à ressort;
7 = Ancrage; C = Entrefer (diélectrique); a = Sens de l'accélération



1.8. Capteurs optiques

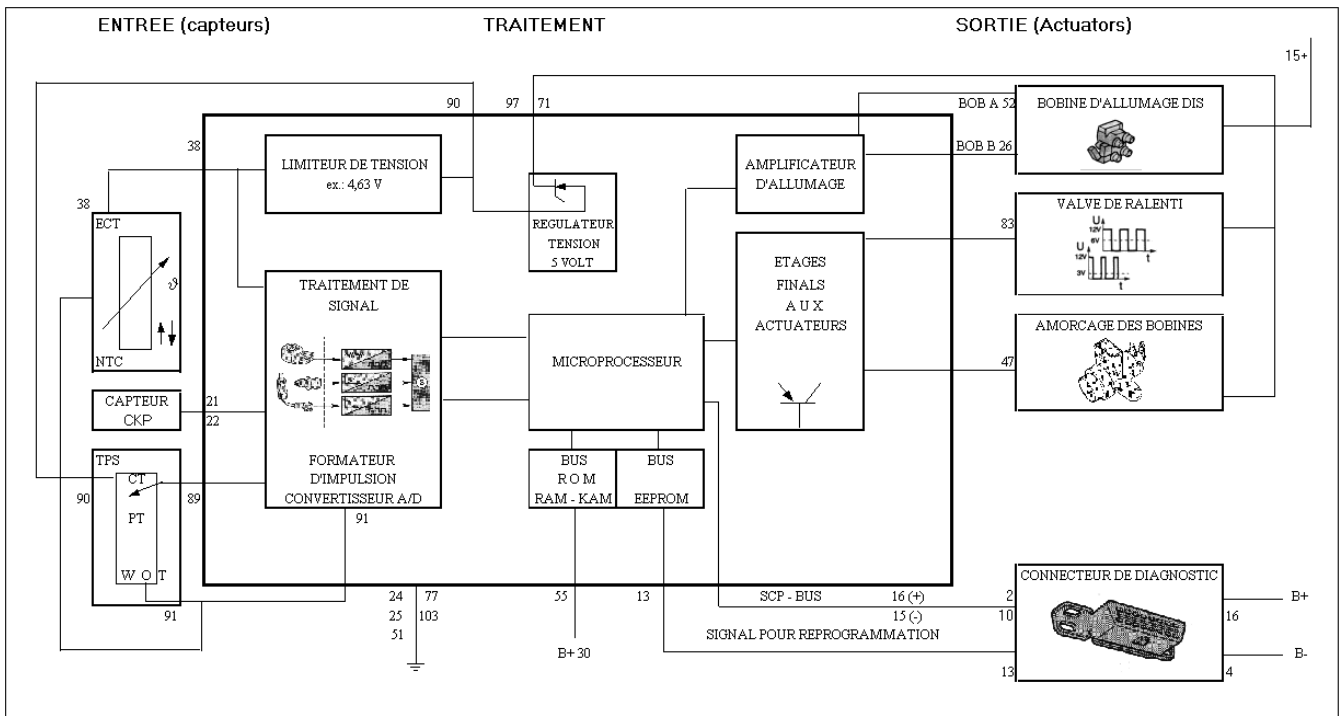
Les capteurs optiques utilisent des modifications détectées sur la lumière émise par réflexion, diffraction ou absorption. Dans le cas le plus simple, de même que dans un appareil de lecture de codes à barres, ils distinguent uniquement le clair et le sombre. A cet effet, une photodiode éclaire un champ dans lequel est présenté un code correspondant, et un capteur photosensible mesure si l'intensité de la lumière réfléchie se situe au-dessus ou en dessous d'une valeur de seuil.



Ce principe peut être utilisé de manière appropriée pour la mesure d'un déplacement linéaire. Des marques sombres présentent des écarts à intervalles fixes et un compteur détecte le nombre des détections. On peut également mesurer des angles. À cet effet, le code à barres est par exemple appliqué sur un disque circulaire qui tourne autour d'un axe. On utilise par exemple huit pistes qui sont marquées de la manière suivante : la piste 1 est pour moitié claire et pour moitié sombre ; sur la piste 2, la clarté change chaque quart de piste ; sur la piste 3, la cadence est d'un huitième, et ainsi de suite. Si le motif instantané de clarté est détecté par plusieurs cellules, la position angulaire absolue peut être définie.

2. Appareil de commande électronique

Etant donné que le microprocesseur dans l'appareil de commande connaît seulement les états «ACTIVÉ» et «NON ACTIVÉ» ou «1» et «0» (système binaire), les circuits d'entrée doivent d'abord transformer les signaux analogiques envoyés par les capteurs, correspondant par exemple à la vitesse de rotation, la température, la position angulaire etc., en cette forme binaire.



Appareil de commande de réglage du moteur EEC V de Ford

2.1 Convertisseur analogique/numérique (A/N)

Les convertisseurs analogiques/ numériques transforment des signaux de tension en signaux numériques. Voici quelques exemples des signaux d'entrée :

- Sonde de température
- Débitmètre d'air
- Potentiomètre de papillon des gaz

2.1.1 Conformateur d'impulsions (CI)

Les conformateurs d'impulsions transforment des signaux d'entrées variant périodiquement en signaux rectangulaires.

Voici quelques exemples de signaux d'entrée qui sont traités par un conformateur d'impulsions :

- Capteur de vitesse
- Sonde lambda

2.2. Régulateur de tension

Pour éviter les problèmes liés à une fluctuation de la tension de la batterie, l'appareil de commande alimente certains capteurs avec une tension stabilisée de 5 volts (tension de référence). En outre, le retour de masse à l'appareil de commande est souvent indépendant de la masse du véhicule à cause des sources des parasites existant sur celle-ci.

2.3. Microprocesseur (Unité centrale)

Le microprocesseur (CPU = Central Processing Unit = Unité centrale) reçoit des instructions de la mémoire de programme (mémoire ROM) et exécute ces instructions. Les tâches de l'unité centrale sont les suivantes :

- Lire les valeurs fournies par les capteurs dans la mémoire vive (RAM).
- Identifier les états de fonctionnement en relation avec ces valeurs
- Reprendre de la mémoire de programme (ROM) les valeurs de la cartographie pour ces états de fonctionnement
- Relier les valeurs mesurées et les valeurs de la cartographie en respectant les règles de calcul déposées dans la mémoire de programme.
- Calculer des signaux d'actionneurs à partir des valeurs intermédiaires et des valeurs mesurées.
- Transmettre les signaux d'actionneurs aux modules d'entrées et de sorties (I/O = In/Out)

Les signaux qui sont transmis par l'unité centrale (CPU) sont trop faibles pour activer les actionneurs. Pour cette raison les signaux sont amplifiés dans les étages de sortie.

Voilà quelques exemples des actionneurs qui sont amorcés par des étages de puissance finals :

- Injecteurs
- Bobine d'allumage
- Actuateur de ralenti
- Pompe à carburant

Au cours des dernières années on a réussi à construire des appareils de commande de plus en plus petits, plus résistants et plus puissants grâce au développement des techniques nouvelles.

3. Actuateurs (Actionneurs)

Les systèmes du véhicule sont commandés, commutés et réglés par des actuateurs dénommés de façon imagée les "muscles de la microélectronique". Ces derniers transforment les instructions électriques-numériques ou analogiques de l'appareil de commande en énergie mécanique (force x déplacement).

La transformation de l'énergie est réalisée par moteur, de façon pneumatique, hydraulique, magnétique ou optique. Il existe des actuateurs électroniques (transistors, LED's, ...) et électromécaniques (relais, solénoïde, moteurs, ...).

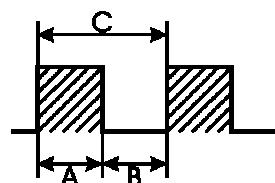
Pour le positionnement on utilise de préférence des moteurs à courant continu et des moteurs pas à pas commandés de façon électronique.

Dans la plupart des cas les actionneurs sont des électro-aimants qui sont continuellement alimentés du côté positif (12 volts). L'appareil de commande intervient du côté de la masse et connecte le fil de commande de l'actuateur avec la masse.

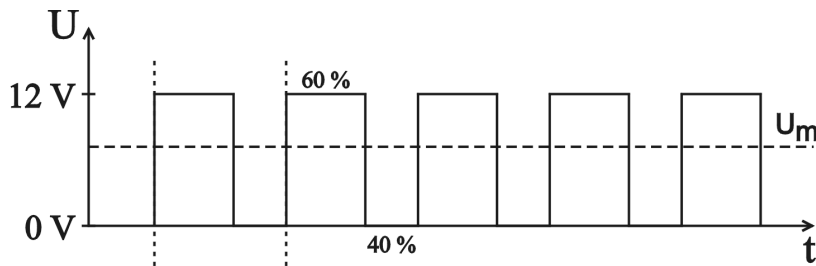
Etant donné que les ordinateurs peuvent seulement fonctionner en mode binaire (ON/OFF), les actuateurs dont la commande doit être progressive sont successivement connectés et déconnectés plusieurs fois par seconde, ce qui permet par exemple une ouverture partielle d'une vanne de ralenti. Grâce à une modification de la durée de mise en circuit, dénommée aussi largeur d'impulsion, il est possible de faire varier l'ouverture de la vanne. Cette méthode de commande s'appelle modulation de largeur d'impulsions.

La modulation de largeur d'impulsion (duty-cycle) représente une méthode simple pour permettre à l'ordinateur de moduler une commande. En effet, la tension moyenne varie en fonction de la largeur de l'impulsion haute (durée de mise en circuit).

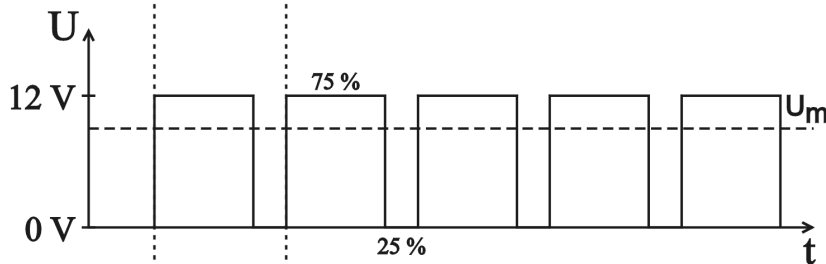
a = Impulsion en largeur supérieure
b = Impulsion en largeur inférieure
c = Période



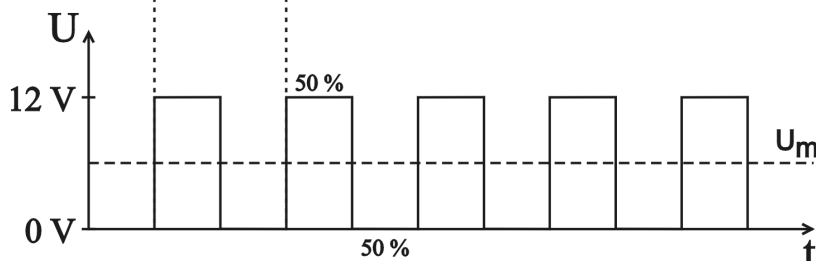
Les figures suivantes représentent un signal électrique ayant toujours la même fréquence mais dont la tension est connectée et déconnectée.



Ici l'impulsion haute s'élève à 60% et l'impulsion basse à 40%. Le pourcentage de la durée de fonctionnement correspond à un taux d'impulsion de 60%. Par conséquent, la tension moyenne s'élève à 60% de 12 V, soit 7,2 V.



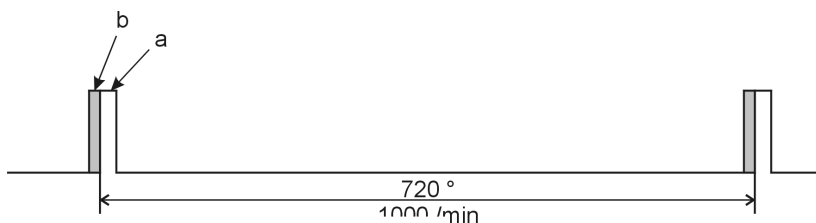
Ici l'impulsion haute s'élève à 75% et l'impulsion basse à 25%. Le pourcentage de la durée de fonctionnement correspond à un taux d'impulsion de 75%. Par conséquent, la tension moyenne s'élève à 75% de 12 V, soit 9 V.



Ici l'impulsion haute s'élève à 50% et l'impulsion basse à 50%. Le pourcentage de la durée de fonctionnement correspond à un taux d'impulsions de 50%. Par conséquent, la tension moyenne s'élève à 50% de 12 V, soit 6 V.

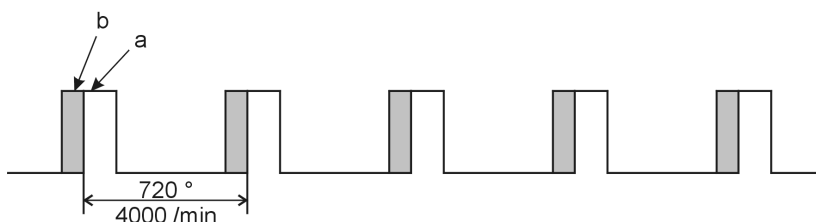
Dans le cas d'un injecteur, la durée d'injection et donc la quantité d'injection est modifiée, toutefois l'injecteur sera entièrement ouvert ou fermé et non pas comme décrit ci-dessus tenu dans une certaine position avec une tension moyenne. De plus la fréquence varie aussi à cause des vitesses de rotation différentes.

Vitesse de rotation basse



a = Réglage de base dépendant de la charge
b = Impulsion d'injection prolongée

Vitesse de rotation élevée



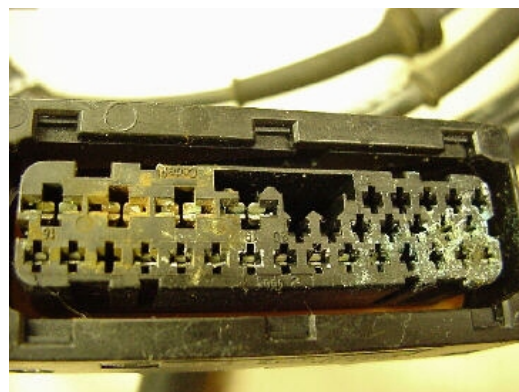
Le temps d'injection est augmenté grâce à une prolongation du signal d'injection.

4. Diagnostic, mesures correctives des défauts, notes d'atelier

4.1. Procédure du dépistage des erreurs

- Tout d'abord il faut contrôler l'actionneur correspondant. En cas de signal de commande défectueux il faut contrôler le signal de sortie directement au niveau de l'appareil de commande.
- Si le signal de sortie est correct, il faut contrôler le câblage de l'actionneur.
- Si le signal de sortie est incorrect, il faut contrôler ensuite les signaux d'entrée correspondants.
- Si le signal d'entrée est incorrect, il faut contrôler le signal au niveau du capteur lui-même.
- Si le signal du capteur est correct, il faut effectuer un contrôle de continuité et d'isolation (court-circuit) des conducteurs qui sont connectés avec l'appareil de commande.
- Si le capteur ne donne pas un signal correct, le capteur lui-même est la cause de l'erreur ou le capteur est influencé par d'autres composants qui ne fonctionnent pas correctement.
- Cependant il est aussi important de contrôler l'alimentation en courant et la masse de l'appareil de commande, ainsi que l'alimentation des capteurs et actionneurs, car une valeur de tension incorrecte peut altérer les signaux d'entrée et de sortie.
- Si les points mentionnés ci-dessus ne mènent pas à un résultat, il est évident que la périphérie est exempte de défauts et l'erreur devrait consister dans l'appareil de commande. Toutefois il faut faire attention car les erreurs les plus fréquentes se produisent à cause des mauvais contacts dans les connecteurs.

Lors d'un test chez VW on a examiné les défaillances des systèmes électroniques dans le domaine automobile. Les composants électroniques comme transistors, circuits intégrés, modules etc. présentes le moins de pannes. Ils ne représentent que 10% des pannes. Les capteurs et actionneurs sont les suivants dans la statistique. Ils représentent 15 % des pannes. Les plus grands problèmes sont posés par les raccordements tels que les connecteurs, broches etc. ils présentent 60 % des pannes.



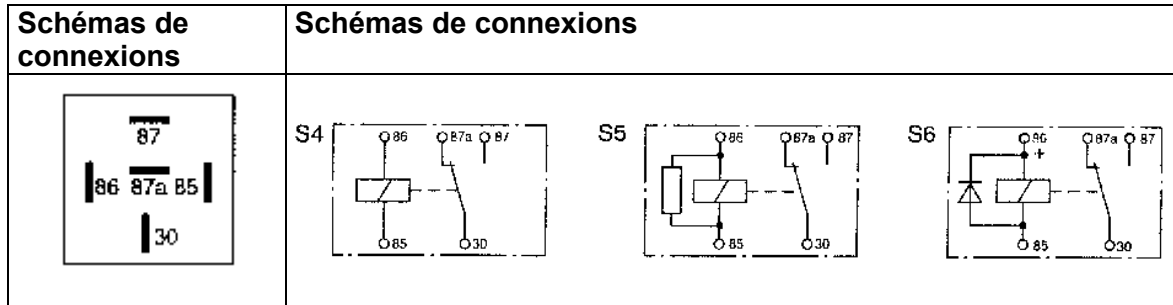
4.1. Manutention des systèmes électroniques

- Si le contact est mis, il ne faut pas séparer des connecteurs ou enlever les fiches des modules. Cela est aussi valable pour la fixation et la connexion des fiches car il est possible que des pointes de tension se produisent qui peuvent mener à la destruction des composants.
- Effectuer des mesures de résistance aux capteurs et actionneurs seulement si la fiche est enlevée, car il est possible qu'on endommage les circuits de sortie de l'appareil de commande.
- Il faudrait préférer une mesure de la chute de tension du composant correspondant à la mesure de résistance. La mesure est plus précise et peut être faite même si la fiche est connectée. De cette manière il est plus facile de constater les mauvais contacts.
- Certains connecteurs utilisés dans les véhicules peuvent avoir un revêtement en or. Ces fiches ne doivent pas être connectées avec des fiches étamées parce qu'une pénétration d'humidité peut causer une corrosion rapide et ainsi un endommagement des contacts. Il en résultera des résistances de contact trop élevées.

5. Notes concernant le travail pratique

5.1. Contrôles de composants de différents relais

5.1.1. Relais – Mini ISO



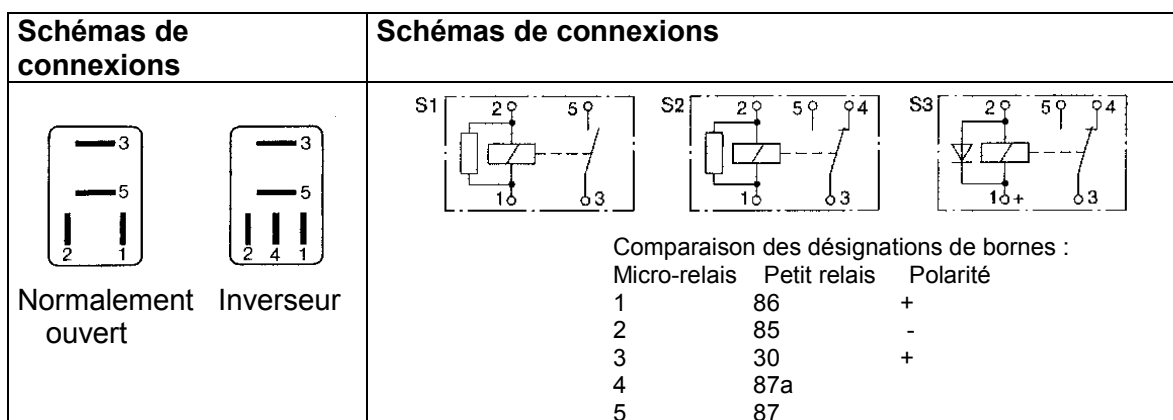
Contrôle de composant (aucune tension n'est appliquée)

A contrôler	Connecter l'ohmmètre avec les connexions suivantes	Le relais marche bien, si
Bobine	85 et 86	50 – 100 ohms
Contact	30 et 87a	Circuit fermé
	30 et 87	Circuit ouvert
Bobine - Contact	86 et 30	Circuit ouvert
	86 et 87a	Circuit ouvert
	86 et 87	Circuit ouvert

Contrôle de composant (la tension est appliquée)

Déconnectez l'ohmmètre ; connectez la broche 30 et 85 avec une source de tension continue de 12 V et la broche 86 avec la masse. Mesurez la tension entre la broche 87 et la broche 86. Si la tension s'élève à 12 V, continuez le contrôle. Si la tension n'a pas la valeur indiquée, remplacez le relais. Séparez la broche 85 de la source de tension et mesurez la tension entre la broche 87a et la broche 86. Si la tension s'élève à 12 V, le relais marche bien. Si la tension n'a pas cette valeur, remplacez le relais.

5.1.2. Relais – Micro ISO



Contrôle de composant (aucune tension n'est appliquée)

A contrôler	Connecter l'ohmmètre avec les connexions suivantes	Le relais marche bien, si
Bobine	1 et 2	50 – 100 ohms
Contact	3 et 4	Circuit fermé
	3 et 5	Circuit ouvert
Bobine - Contact	1 et 3	Circuit ouvert
	1 et 4	Circuit ouvert
	1 et 5	Circuit ouvert

Contrôle de composant (la tension est appliquée)

Déconnectez l'ohmmètre ; connectez la broche 2 et 3 avec une source de tension continue de 12 V et la broche 1 avec la masse. Mesurez la tension entre la broche 5 et la broche 1. Si la tension s'élève à 12 V, continuez le contrôle. Si la tension n'a pas la valeur indiquée, remplacez le relais. Séparez la broche 2 de la source de tension et mesurez la tension entre la broche 4 et la broche 1. Si la tension s'élève à 12 V, le relais marche bien. Si la tension n'a pas cette valeur, remplacez le relais.

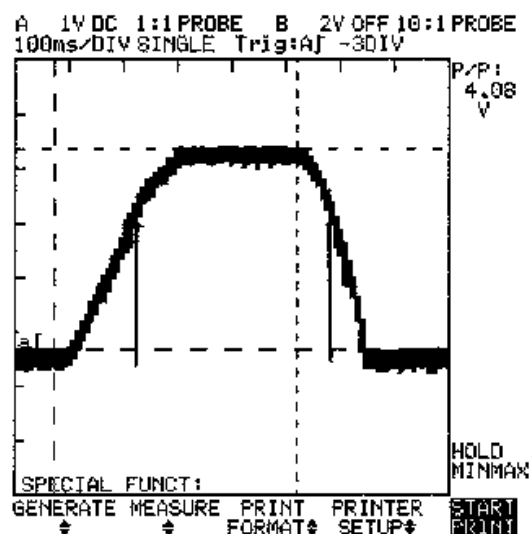
5.2. Mesure des capteurs et actuateurs

- Il convient de contrôler les signaux des capteurs là où ils sont utilisés, à savoir au niveau l'appareil de commande. Si on reçoit le signal correct, il est sûr que non seulement le capteur mais aussi le câblage avec l'appareil de commande fonctionne sans défaillances.
- D'habitude on prélève les signaux à l'aide d'une boîte à douille, dont le câble en Y est connecté entre l'appareil de commande et la fiche de l'appareil de commande. Si on ne dispose pas d'une boîte de contrôle (Break-Out Box), la mesure est effectuée directement au niveau du capteur ou on cherche un accès à l'arrière de la fiche.

5.2.1. Contrôler le potentiomètre de papillon des gaz à l'aide de l'oscilloscope

Actionner l'accélérateur une fois jusqu'à la butée (contact mis) et puis relâcher (la sonde rouge est connectée au signal du capteur et la sonde noire à la masse du capteur). Il devrait en résulter une courbe comme représentée dans l'image ci-contre.

Si la courbe comporte des crêtes de parasites ou si des chutes dirigées vers le bas apparaissent comme dans l'image ci-contre, le potentiomètre de papillon des gaz est défectueux.

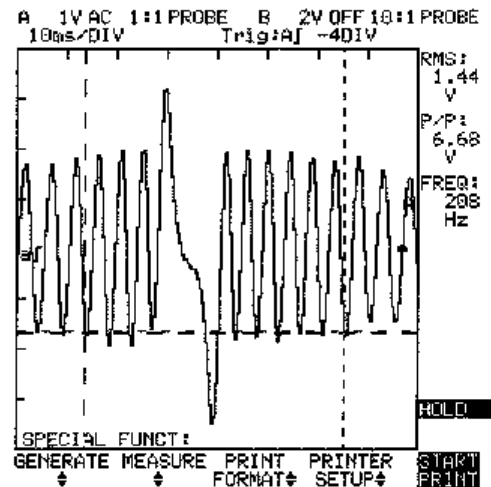


Scopelinter 97

5.2.2. Contrôler le capteur de position et de vitesse de rotation du moteur à l'aide de l'oscilloscope

Connecter les deux sondes de mesure avec le capteur. La mesure est effectuée à la vitesse du démarreur. Il en résulte un oscillogramme comme représenté dans la figure ci-contre si le système fonctionne correctement.

La pointe de tension et l'intervalle plus large se produisent à cause de la dent manquante sur le pignon de vilebrequin. La forme du signal devrait être uniforme.



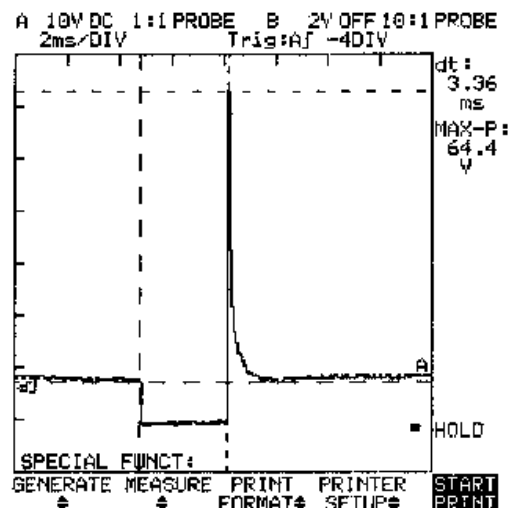
Scopemeter 97

5.2.3. Contrôler le signal d'injection à l'aide de l'oscilloscope

La pointe de tension est caractéristique du contrôle de l'injecteur. Le contrôle est effectué en connectant la sonde de mesure rouge avec le fil de commande de l'injecteur (commande par la masse). La sonde de mesure noire est connectée avec la masse. De cette façon, on peut également vérifier la mise à la masse par le module de commande.

En cas de moteur chaud et au ralenti, la courbe est à peu près comme présenté dans la figure ci-contre.

Si lors de cette situation de fonctionnement le temps d'injection est clairement trop long (>4,5 ms par exemple), le mélange air/carburant peut être trop riche. Un contrôle du signal de la sonde lambda et peut-être de la commande du moteur est nécessaire.



Scopemeter 97

V Systèmes sur véhicules

1. Systèmes de gestion moteur

1.1. Gestion des moteurs à essence

1.1.1. Composition

Un système de gestion moteur est composé par :

- Système d'injection (composants mécaniques)
- Système d'allumage (composants mécaniques)
- Dépollution
- Fonctions annexes

1.1.2. Système d'injection

Pour pouvoir obtenir sur un moteur à essence la puissance optimale avec une émission minimale de gaz polluants, le mélange air-carburant doit avoir les proportions correctes. Dans tous les états de fonctionnement et pour toutes les charges du moteur, il faut apporter au moteur la quantité de carburant correcte, qui correspond à la quantité d'air aspirée par le moteur. Auparavant, on utilisait à cet effet des carburateurs. Le carburateur devait permettre d'obtenir le rapport de mélange idéal par des moyens mécaniques.

Avec le renforcement des normes sur les gaz d'échappement est apparue la nécessité d'apporter le carburant de manière plus optimale et mieux dosée au moteur. Les systèmes d'injection développés jusque-là, avec lesquels on tentait en réalité d'augmenter la puissance du moteur, convenaient également pour répondre aux réglementations sur les gaz d'échappement.

L'injection d'essence a fait d'énormes progrès. En grandes lignes, son développement s'est effectué de la manière suivante :

- Système d'injection mécanique (par ex. : K-Jetronic)
- Système d'injection mécanique/électronique (par ex. : KE-Jetronic)
- Système d'injection électronique (par ex. : D-Jetronic, L/LE-Jetronic, LH-Jetronic)
- Systèmes de gestion du moteur (par ex. : Motronic, Mono-Motronic, Magneti-Marelli, etc.)

Pour que les systèmes d'injection cités ci-dessus puissent travailler en combinaison avec un catalyseur à trois voies, ils sont dotés d'une régulation lambda. Le travail de la régulation lambda est décrit ci-dessous.

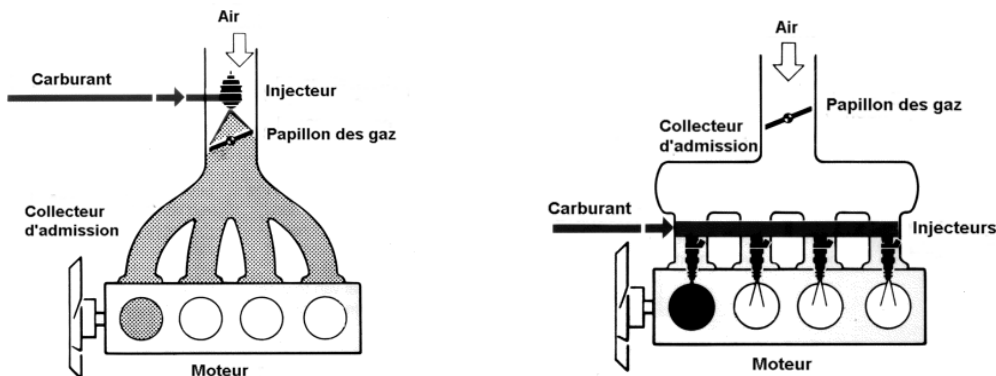
1.1.2.1. Injection en continu et par intermittence

Il faut distinguer deux types de systèmes d'injection : l'injection continue et l'injection par intermittence. Parmi les systèmes d'injection mentionnés plus haut, les deux premiers exemples sont des systèmes d'injection qui travaillent en continu. Avec le développement de l'injecteur à commande électrique, on a introduit les systèmes d'injection par intermittence. Des exemples en sont les deux systèmes d'injection ci-dessous.

1.1.2.2. Injection monopoint et multipoint

Il existe deux types essentiels de construction de l'injection intermittente. L'installation monopoint possède un seul injecteur disposé centralement. Cet injecteur est installé à la place du carburateur sur le collecteur d'admission.

Dans l'installation d'injection multipoint, chaque cylindre possède son propre injecteur. Dans ce cas, le carburant est injecté directement en amont du papillon d'admission.

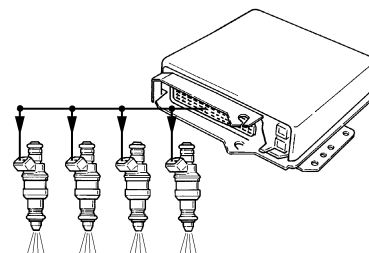


1.1.2.3. Régulation de l'injection

L'injection peut se présenter sous différentes variantes :

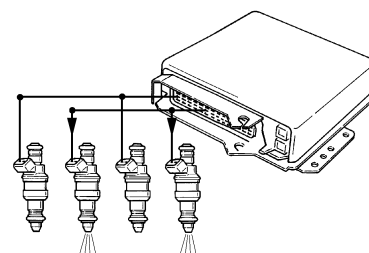
Injection simultanée

Tous les injecteurs du moteur sont activés sans tenir compte quel cycle de travail s'est déroulé à ce moment dans le cylindre. Pour avoir malgré tout un mélange homogène et une bonne combustion, on injecte par tour de vilebrequin la moitié de la quantité de carburant nécessaire.



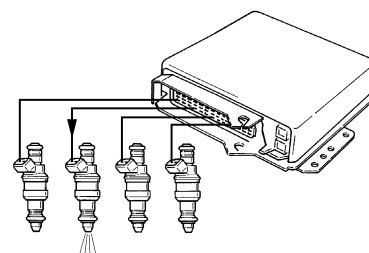
Injection par groupes

Les injecteurs des cylindres 1 et 3 ainsi que ceux des cylindres 2 et 4 sont activés une fois par cycle de travail. On injecte chaque fois l'entièreté de la quantité de carburant nécessaire devant les soupapes d'admission fermées.



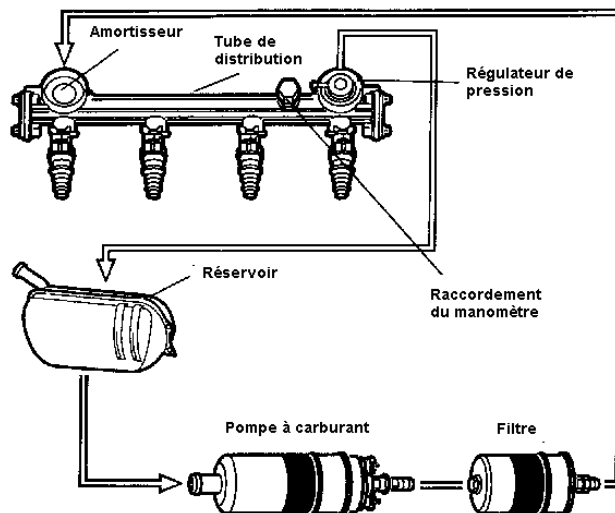
Injection séquentielle

Les injecteurs injectent l'entièreté de la quantité de carburant nécessaire (sélection de cylindre) l'un après l'autre dans l'ordre d'allumage juste avant le début de l'aspiration. Les avantages de l'injection séquentielle sont la faible émission de gaz d'échappement et une puissance plus élevée grâce à une préparation uniforme du mélange pour chaque cylindre individuel.



Le système d'injection d'un système de gestion moteur contient les parties principales suivantes :

- Réservoir de carburant
- Pompe à carburant
- Filtre à carburant
- Rampe de distribution
- Régulateur de pression
- Injecteur
- (Cartouche à charbon actif)



Circuit du carburant

La pompe à carburant amène le carburant du réservoir à carburant jusqu'à la rampe de distribution. Pour assurer une pression constante sur les injecteurs, un régulateur de pression est placé à l'extrémité de la rampe de distribution. La plus grande partie du carburant entrant traverse le régulateur de pression et revient dans le réservoir de carburant par le conduit de retour. A pleine charge, encore environ 80% du carburant revient dans le réservoir.

Dans le paragraphe qui suit, on présente le fonctionnement et la vérification des composants essentiels du système d'injection. Naturellement, suivant le système de gestion du moteur, il existe des différences entre les divers composants du système d'injection. Ces différences sont cependant minimes.

1.1.2.4. Pompe à carburant

La pompe à carburant a pour mission de délivrer un débit donné de carburant sous une pression donnée. La pompe à carburant peut être montée en différents endroits. La plupart du temps, la pompe à carburant se trouve directement dans ou sur le réservoir de carburant.

La pompe à carburant est commandée électriquement et indirectement par l'appareil de commande du moteur. Comme le courant consommé est très élevé (environ 6 A), l'alimentation en tension s'effectue par l'intermédiaire du relais de pompe à carburant. Pour des raisons de sécurité, la pompe à carburant est débranchée dans les conditions suivantes :

- une à deux secondes après la mise sous contact si le moteur n'a pas démarré
- après l'arrêt du moteur
- lorsque le contact est coupé
- après un accident dans lequel l'airbag ou le tendeur de ceinture ont été activés (option)

Vérification

La pompe à carburant doit être vérifiée de deux manières :

- Vérification du débit de carburant
- Vérification de la pression de carburant

Vérification du débit de carburant

Méthode d'essai

Commander temporairement la pompe à carburant en pontant le relais de pompe à carburant. Débrancher le conduit de retour et laisser s'écouler le carburant dans un récipient de mesure.

Valeur indicative (pour des données correctes, voir le manuel d'atelier)

- Moteur à 4 cylindres : environ 1 l/min
- Moteur à 6 cylindres : > 1 l/min

Causes possibles en cas d'anomalies

- Conduit de carburant colmaté ou pincé
- Filtre à carburant colmaté
- La tension d'alimentation de la pompe à carburant est trop faible
- Pompe à carburant défectueuse

Vérification de la pression du carburant

Méthode d'essai

Raccorder un manomètre de pression sur le conduit d'amenée au niveau du tube de distribution.

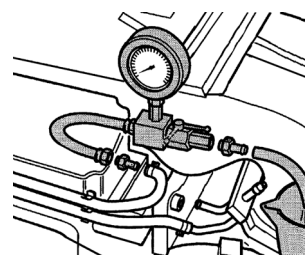
Commander la pompe à carburant après pontage du relais de pompe à carburant.

Valeur indicative (pour des données correctes, voir le manuel d'atelier)

- 1 - 3,5 bar

Causes possibles en cas d'anomalies

- Régulateur de pression défectueux
- Conduit de carburant colmaté ou pincé
- Filtre à carburant colmaté
- La tension d'alimentation de la pompe à carburant est trop faible
- La pompe à carburant est défectueuse
- Le conduit de retour est colmaté ou pincé



1.1.2.5. Régulateur de pression

Le régulateur de pression a pour mission de maintenir constante la différence de pression au niveau de l'injecteur. En pratique, cela signifie que la différence entre la pression du carburant et la pression dans le collecteur d'admission doit rester constante. La raison en est que la quantité de carburant injectée n'est déterminée que par la durée d'ouverture de l'injecteur et non par la différence de pression. Au ralenti, la dépression dans le collecteur d'admission est élevée (- 0,6 bar) et à pleine charge, elle est faible (- 0,1 bar).

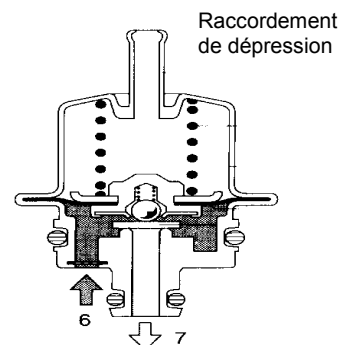
Pour pouvoir réaliser un réglage de la pression, le régulateur de pression est raccordé au collecteur d'admission par l'intermédiaire d'un raccordement de dépression.

Vérification

Sur le régulateur, on peut vérifier visuellement les défauts d'étanchéité et le raccordement correct du flexible de dépression. En même temps, on peut contrôler le fonctionnement du régulateur de pression lors de la vérification de la pression de carburant.

Méthode d'essai

Raccorder le manomètre de pression au conduit d'amenée au niveau du tube de distribution (voir vérification de la pression de carburant).
Démarrer le moteur.

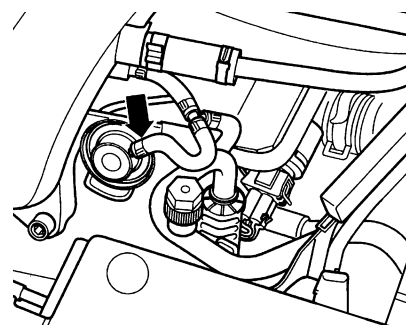


La pression de carburant doit alors dépendre du régime et de la charge du moteur (cela n'est pas le cas pour une injection mono).

Si l'on enlève le flexible de dépression (voir flèche), on doit observer une augmentation de pression.

Valeur indicative (pour des données correctes, voir le manuel d'atelier)

- 1-3,5 bar

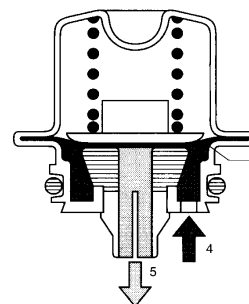


Causes possibles en cas d'anomalies

- La pression ne dépend pas du régime et/ou de la charge :
 - flexible de dépression colmaté ou pincé
- Enlever le flexible de dépression n'a aucune influence :
 - défauts d'étanchéité dans le flexible de dépression, ou le flexible de dépression n'est pas raccordé correctement

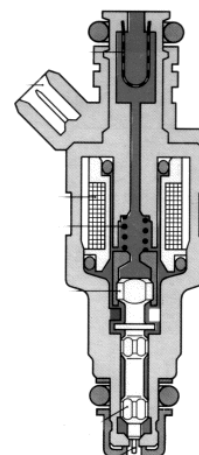
1.1.2.6. Amortisseur de vibrations

A proximité du régulateur de pression, on installe souvent aussi un amortisseur de vibrations. L'amortisseur de vibrations doit diminuer les oscillations de pression (et donc les bruits) qui peuvent influencer l'injection dans le tube de distribution.



1.1.2.7. Injecteur

L'injecteur a pour mission d'injecter le carburant finement pulvérisé dans le collecteur d'admission. L'injecteur est la plupart du temps réalisé sous la forme d'un injecteur dit à un trou ou à quatre trous. L'injecteur est ouvert lorsque son pointeau est soulevé par un champ magnétique. Le champ magnétique est créé par une bobine.



Vérification électrique

On vérifie "électriquement" l'injecteur de la manière suivante :

- Alimentation en tension et commande
- Résistance électrique
- Lecture de la mémoire de défauts

Alimentation en tension et commande

La plupart des injecteurs sont commandés par l'appareil de commande du côté de leur masse. Cela signifie que la bobine de l'injecteur est placée sous 12 V sur un raccordement, par l'intermédiaire du relais principal. La commande s'effectue lorsque l'appareil de commande relie l'autre borne de la bobine à la masse.

Méthode d'essai

L'alimentation en tension peut être vérifiée à l'aide d'un testeur à LED ou d'un multimètre. La commande est vérifiée à l'aide d'un testeur à LED ou d'un oscilloscope. Avec le testeur à LED, on mesure la commande de la bobine et avec l'oscilloscope, le signal en provenance de l'appareil de commande. Ces mesures sont réalisées sur la fiche de raccordement de l'injecteur.

Valeur indicative (pour des données correctes, voir manuel d'atelier)

- Alimentation en tension : Lorsque le contact est mis, 12 V sur le fil positif (bobine OK)
- Commande : Le testeur à LED clignote ou l'oscilloscope reçoit un signal

Causes possibles en cas d'anomalies

- Rupture de câble (câblage ou bobine)
- Appareil de commande

Résistance électrique

Méthode d'essai

La résistance de la bobine peut être mesurée directement sur l'injecteur à l'aide d'un multimètre, la fiche de raccordement étant retirée.

Valeur indicative

Voir manuel d'atelier.

Causes possibles en cas d'anomalies

- Bobine rompue
- Court-circuit dans la bobine
- Mauvais injecteur

Vérification mécanique

Le fonctionnement de l'injecteur peut être vérifié "mécaniquement" de la manière suivante :

- L'injecteur "cliquète"
A l'aide d'un tournevis ou d'un stéthoscope, écouter l'injecteur
- Etanchéité
Maintenir l'ouverture de l'injecteur pendant une minute contre un morceau de papier. La tache que l'on obtient ainsi ne peut être plus grande que 5 ou 10 mm.
- Forme de l'injection
Répartition en forme de cône ou régulière du carburant
- Alimentation
L'alimentation de l'injecteur ne peut être située en dehors des valeurs limites (voir manuel d'atelier)
- Etanchéité du collecteur d'admission
Un défaut d'étanchéité sur le joint torique de l'injecteur peut créer une prise d'air. Pulvériser par exemple du produit de nettoyage de frein tout autour de l'injecteur et vérifier si le régime ou la valeur HC augmente.

Causes possibles en cas d'anomalies

- Injecteur défectueux

Mémoire de défauts

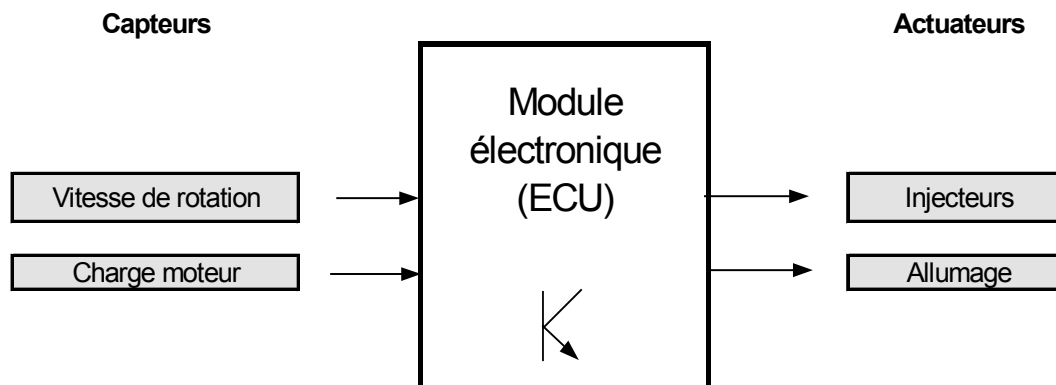
Sur les nouveaux appareils de commande, on peut lire les perturbations qui sont apparues sur les injecteurs à l'aide de testeurs universels. Dans ces systèmes, on peut détecter dans la plupart des cas des ruptures de câble ou un courant de commande trop élevé.

1.1.3. Système de gestion moteur

Un système de gestion moteur se distingue principalement d'un système d'injection d'essence parce qu'en plus de la régulation du carburant, on régule également l'allumage du mélange air/carburant par un microprocesseur.

1.1.3.1. Commande électronique

La figure ci-dessous donne une représentation simplifiée de la commande électronique d'un système de régulation du moteur.



Le cœur du système de régulation du moteur est l'appareil de commande électronique ou **Electronic Control Unit (E.C.U.)**. Les actionneurs sont commandés par les signaux de sortie de l'appareil de commande, l'appareil de commande recevant les signaux d'entrée nécessaires des capteurs. Les différents capteurs et actionneurs sont énumérés au paragraphe 1.1.3.4

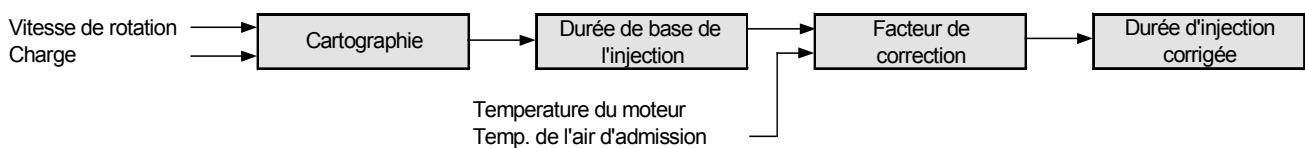
Les fonctions principales de l'appareil de commande sont :

- La détermination de la quantité de carburant à injecter
- La commande de l'installation d'allumage
- Des fonctions supplémentaires (par exemple le réglage des arbres à cames, le recyclage des gaz d'échappement, la régulation du ralenti et la commande d'un collecteur d'admission variable)

1.1.3.2. Détermination de la quantité de carburant à injecter

La quantité de carburant à injecter est déterminée par la durée d'ouverture de l'injecteur. Les informations essentielles qui sont nécessaires à cet effet sont la charge du moteur et le régime du moteur. A l'aide de ces signaux, l'appareil de commande détermine une durée d'injection de base à partir d'une cartographie. Cette durée d'injection de base n'est pas encore assez précise, parce qu'elle ne tient pas encore compte de tous les états de fonctionnement du moteur, par exemple la température du moteur (démarrage à froid), la température de l'air, etc.

La durée d'injection de base est corrigée à l'aide de ces variables pour déterminer la durée finale d'injection. La détermination de la durée d'injection peut être représentée de la façon suivante :



Des exemples de cartographie sont présentés au paragraphe 1.1.3.3.

Fonctions supplémentaires

Les fonctions supplémentaires qui concernent l'injection d'essence sont :

- Coupure de l'alimentation en poussée
- Régulation du cliquetis
- Limitation du régime de rotation
- Régulation lambda

Régulation lambda

Pour qu'un catalyseur à trois voies fonctionne correctement, il est nécessaire que le mélange de carburant et d'air soit alternativement "riche" et "pauvre". Ceci est possible si la régulation du moteur possède une régulation lambda. La régulation lambda assure que la valeur du coefficient lambda varie entre 0,97 et 1,03 à une fréquence définie.

La valeur du coefficient lambda donne des renseignements sur le rapport du mélange air-carburant. Pour brûler un kg de carburant, il faut en théorie 14,7 kg d'air. Lorsque le moteur reçoit exactement cette quantité, la valeur de lambda (λ) est égale à 1. La valeur lambda est définie de la manière suivante :

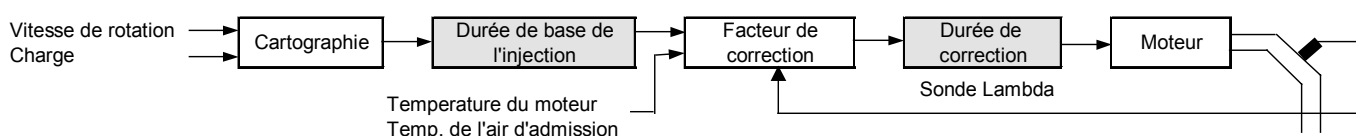
$$\lambda = \frac{\text{Quantité d'air effectivement aspirée}}{\text{Quantité d'air théoriquement nécessaire}}$$

En cas d'excès d'air (mélange pauvre), la valeur lambda devient supérieure à 1.

En cas de manque d'air (mélange riche), la valeur lambda deviendra inférieure à 1.

La valeur lambda est influencée par la sonde lambda. La sonde lambda est montée à proximité du moteur dans le collecteur d'échappement et mesure la quantité d'oxygène dans les gaz d'échappement. La présence d'oxygène est transmise à l'appareil de commande sous la forme d'une tension comprise entre 100 et 1000 mV. Une tension inférieure à 450 mV signifie un mélange pauvre. Une tension supérieure à 450 mV correspond à un mélange riche.

Peu après la combustion, la sonde lambda vérifie si la composition du mélange est correcte. Un avantage supplémentaire de cette vérification réside en ce que des modifications sur le moteur et le système de carburant (encrassement et usure) sont détectées par la sonde lambda et sont traitées pour corriger la durée d'injection de base. Cette capacité d'apprentissage du système de régulation du moteur est appelée régulation adaptative.



1.1.3.3. Système d'allumage

Aujourd'hui, on détermine l'avance à l'allumage et la durée de charge de l'allumage avec une installation électronique d'allumage qui utilise les mêmes capteurs que ceux qui sont utilisés pour déterminer la durée d'injection.

Le circuit à haute tension peut être réalisé de la manière suivante :

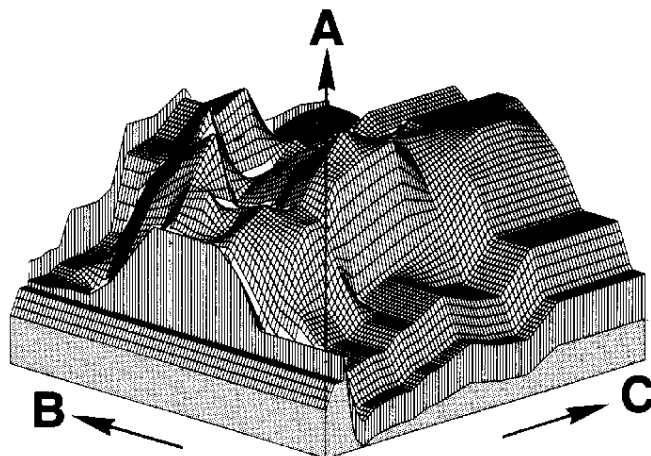
- Bobine d'allumage avec étage final d'allumage et distribution tournante de la haute tension
- Bobine d'allumage à double étincelle, avec un étage final d'allumage pour chaque fois deux cylindres et distribution statique de la haute tension
- Circuit à haute tension avec une bobine d'allumage à une étincelle et étage final d'allumage pour chaque cylindre

L'avance à l'allumage est déterminée à l'aide d'une cartographie. Les signaux d'entrée nécessaires sont le régime du moteur, la charge du moteur et la température du moteur. La durée de charge de la bobine d'allumage dépend de la tension de la batterie et du régime du moteur et est donc également déterminée par une cartographie.

Cartographie d'allumage

On représente généralement une cartographie par un graphique en 3 dimensions

- A = Angle d'allumage (°)
 B = Dépression dans le collecteur d'admission (en mbar)
 C = Régime du moteur (min^{-1})

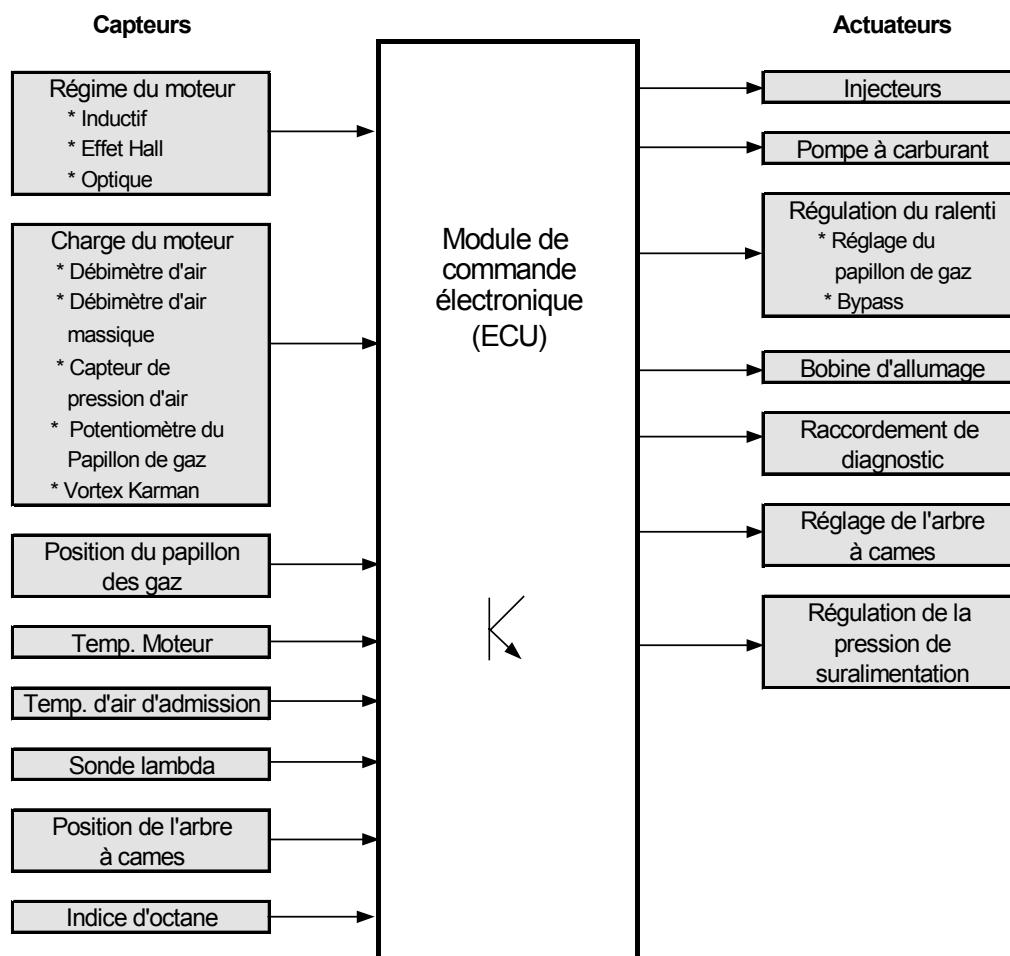


En fait, une cartographie est un tableau à 2 entrées permettant de déterminer l'avance à l'allumage en fonction de la charge et de la vitesse du moteur

P	0,9	6	9	15	20	22	23	23	24	29	29	29
R	0,8	6	9	15	20	22	23	23	24	29	29	29
E	0,7	6	11	15	17	17	18	22	25	29	29	29
S	0,6	10	13	14	14	15	16	20	26	29	28,5	28
S	0,5	13,5	14	13	13	14	15	20	27	30,5	29,5	29
I	0,4	17	16	13	13	14	16	22	28	31	30	29,5
O	0,3	19	18	18	18	18	19	24	29	33	32	31,5
N	0,2	25	26	28	23	23	24	28	30	37	37	37
(B)	0,1	25	26	28	27	28	30	32	35,5	37	37	37
		800	1000	1500	2000	2500	3000	3500	4000	4500	5000	5500
REGIME MOTEUR (trs/min)												

1.1.3.4. Capteurs et actuateurs

Dans le schéma ci-dessous, on a indiqué les capteurs et actuateurs utilisés le plus couramment. En même temps, on indique les modes de réalisation les plus importants.



La différence entre les différents systèmes de régulation de moteurs est déterminée par les modes de réalisation des différents capteurs et actuateurs.

Capteurs de température

En fonction du système de carburant, on utilise un ou plusieurs capteurs de température. Le capteur de température du liquide de refroidissement est toujours présent, et la présence d'un capteur de température d'air dépend du système de mesure de l'air.

Les capteurs reçoivent une tension de référence (la plupart du temps de 5 V) de l'appareil de commande (E.C.U.). L'E.C.U. transforme la tension obtenue sur les capteurs de température en la valeur correspondante de la température.

La vérification de ces capteurs peut se faire par une mesure de résistance sur moteur froid et sur moteur chaud.

En cas de disparition du signal d'un capteur de température pendant la marche, l'E.C.U. travaillera avec une valeur de remplacement fixe. Au cas où, à moteur froid, l'E.C.U. ne reçoit pas de signal du capteur de température, certains appareils de commande sont en mesure de simuler le fonctionnement à chaud du moteur sur base d'un calcul défini.

Capteur de position du papillon des gaz

Le capteur de position du papillon des gaz, qui est relié au papillon des gaz, existe en différentes exécutions, à savoir comme commutateur double ou, plus fréquemment, avec potentiomètre. La plupart du temps, le boîtier est doté de trous oblongs pour les réglages.

Le capteur de position du papillon des gaz reçoit de l'E.C.U. une tension de référence (la plupart du temps de 5 volts). Dès que le papillon des gaz s'ouvre, un contact coulissant se déplace sur la piste d'une résistance, de sorte que la tension de sortie se modifie. L'appareil de commande de la régulation du moteur associe le réglage du papillon des gaz qui correspond au signal de tension ainsi obtenu.

La vérification s'effectue par vérification de la tension d'alimentation et de la tension de sortie dans les différentes positions.

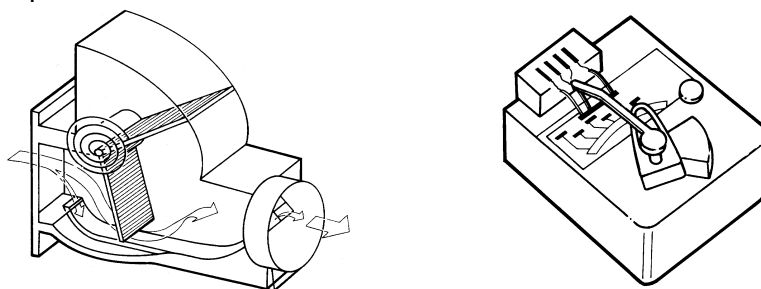
Débitmètre d'air volumique

Le débitmètre d'air mesure l'air entrant (en litres) et transmet la mesure à l'appareil de commande (sous la forme d'un signal de tension).

Le débitmètre d'air est équipé d'une résistance variable et se trouve dans le canal d'admission.

Pour que l'appareil de commande détecte également quel débit massique d'air (kg) est aspiré par le moteur, le débitmètre d'air est en outre équipé d'un capteur de température d'air d'admission.

Sur les anciens modèles, le débitmètre d'air est doté d'une vis de CO. Cela permet de régler préalablement un débit d'air donné sur le volet de mesure, ou agir sur la quantité d'injection par l'intermédiaire d'un potentiomètre.

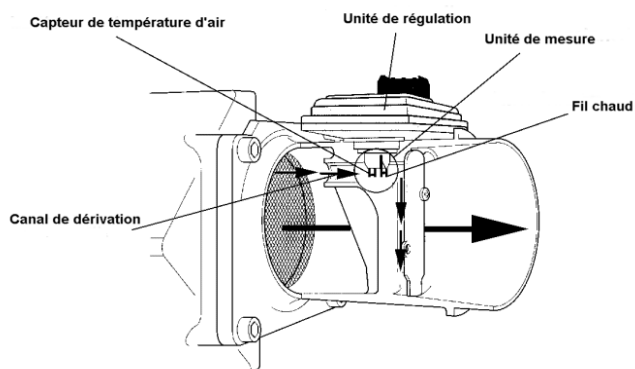
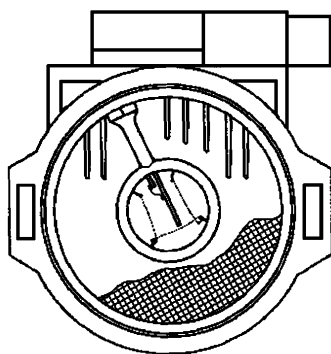


Vérification

- Accessibilité
Le volet de mesure doit pouvoir se déplacer librement
- Tension
 - Tension d'alimentation
 - Tension de sortie (Multimètre, 0-5 V)
- Résistance
Le capteur de température d'air d'admission peut être vérifié par pulvérisation réfrigérante
- Prise d'air
Nettoyeur de frein avec un compte-tour et un testeur des gaz de fumée (HC)
- Testeur de diagnostic
 - Mémoire d'erreur
 - Valeurs des capteurs

Mesure du débit massique d'air

Pour la combustion complète de 1 kg d'essence, il faut 14,7 kg d'air. Pour que le catalyseur puisse travailler à haut rendement, il est important de respecter le rapport de mélange ci-dessus. On ne peut parler d'une mesure précise du carburant que si la masse d'air aspirée a été mesurée de manière très précise. Un débitmètre d'air volumique ne mesure pas la masse d'air aspirée mais le volume d'air aspiré. Ce volume d'air n'indique rien sur la masse d'oxygène qui se trouve dans l'air aspiré. De l'air à haute température contient une plus petite quantité d'oxygène que de l'air à basse température (l'air chaud occupe un plus grand volume que l'air froid). Lorsque la densité de l'air est basse, l'air contient également moins d'oxygène que de l'air à haute densité (plus la pression d'air est élevée, plus grande est la quantité d'oxygène qui se trouve dans l'air).

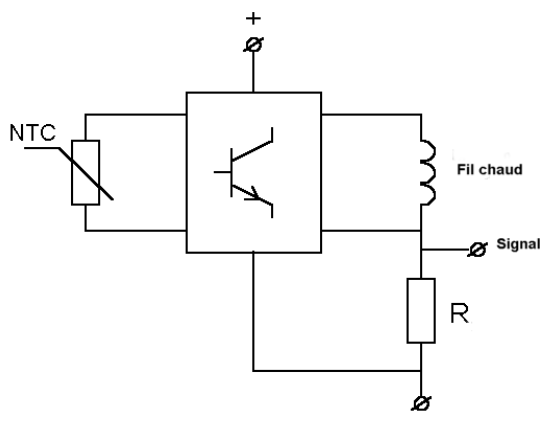


Une mesure de la masse d'air est donc plus précise que la mesure du débit volumique d'air (voir mesure du débit d'air). Dans la mesure de la masse d'air, les facteurs tels que la pression et la température ne jouent aucun rôle. Ainsi, la régulation lambda ne doit corriger que dans une petite plage de régulation. La régulation lambda réagit ainsi plus rapidement et de manière plus précise.

Mode de fonctionnement

Le dispositif de mesure du débit massique d'air par fil chaud travaille suivant le "principe de la température constante". Un capteur de température qui se trouve en avant du fil chaud indique à l'électronique du dispositif de mesure du débit massique d'air la température de l'air aspiré. Le courant qui traverse le fil chaud est ainsi régulé de telle sorte que la température du fil chaud soit toujours à 155° C au-dessus de la température d'aspiration.

Plus la quantité d'air qui balaie le fil chaud est grande, plus important est le refroidissement du fil chaud et donc plus élevée doit être l'intensité du courant. Plus l'air qui balaie le fil chaud est froid, plus grand est le refroidissement et donc plus élevée doit être l'intensité du courant. Ici, le courant qui traverse le fil chaud et une résistance de mesure constituent une valeur directe de la masse d'air aspirée.



Un autre mode de construction est le dispositif de mesure du débit massique d'air à film chaud, qui travaille suivant le "principe d'une différence de température constante" identique au dispositif de mesure du débit massique d'air à fil chaud.

Le chauffage électrique d'un ruban métallique, c'est-à-dire le film chaud, est régulé de telle sorte qu'il présente en permanence une différence de température constante par rapport à l'air aspiré qui le balaie. Le courant nécessaire au chauffage sert de mesure de la masse d'air aspirée.

Le dispositif de mesure du débit massique d'air à film chaud est moins sensible à l'encrassement que le dispositif de mesure du débit massique d'air à fil chaud. La combustion de nettoyage nécessaire pour le fil chaud peut être supprimée.

Vérification

- Tension
 - Tension d'alimentation (Multimètre, 12 V)
 - Tension de sortie (Multimètre, 0-5 V)
- Prise d'air
 - Nettoyeur de frein avec un compte-tour et un testeur de gaz d'échappement (HC)
- Auto-nettoyage
 - Pour éviter des dépôts sur le fil chaud, dans de nombreux systèmes, le fil chaud est fortement chauffé pendant environ 3 secondes après la coupure du contact. Pour cette raison, après la coupure du contact, il faut attendre quelques secondes avant de pouvoir enlever la fiche de raccordement du débitmètre massique d'air.
- Testeur de diagnostic
 - Mémoire d'erreur
 - Valeurs des capteurs

Capteur de régime

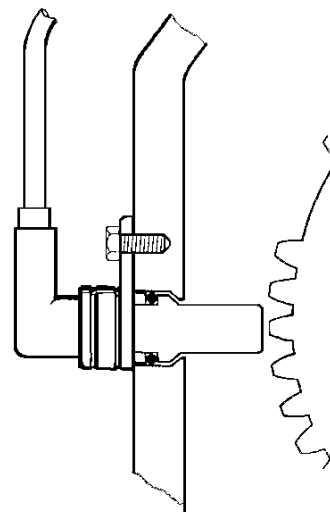
Le capteur de régime a pour mission fondamentale de mesurer le régime de rotation. En outre, le capteur est en mesure de déterminer la position du vilebrequin.

Modes de réalisation

- Capteur inductif (fréquent)
- Capteur à effet hall (anciens véhicules)

Le mode de travail des deux capteurs est fondamentalement différent. La plus grande différence réside en ce que le capteur Hall a besoin d'une tension de base pour fonctionner. Le capteur à induction crée lui-même une tension (tension alternative).

Le plus souvent, le capteur à induction palpe une couronne dentée fixée sur l'arbre du vilebrequin. Sur la couronne dentée, un plus grand interstice se trouve en un point défini situé en avant du point mort haut, qui sert de repère de référence pour l'appareil de mesure.



Vérification d'un capteur inductif

- Tension
 - Tension alternative délivrée (multimètre)
 - Tension alternative délivrée (oscilloscope)
- Résistance
- Testeur de diagnostic
 - Mémoire d'erreur
 - Valeur du capteur

Capteur de position de l'arbre à came

Le capteur de position de l'arbre à came est un générateur d'impulsions inductif qui détecte la plupart du temps une came de référence sur l'arbre à came. Le capteur envoie un signal de tension alternative à l'appareil de commande du moteur qui détermine la position du premier cylindre. Le signal de ce capteur sert pour commander les injecteurs en fonction de la séquence d'allumage.

Régulation du ralenti

On utilise différents systèmes de régulation du ralenti. Ils ont tous en commun d'assurer la régulation du régime de ralenti.

La plupart du temps, ils sont commandés par un circuit de masse cadencé de l'appareil de commande. Le rapport de détection est déterminé par l'appareil de commande. C'est par exemple la force magnétique créée qui commande la section d'ouverture du clapet.

Possibilités de réglage

En règle générale, les réglages ne sont possibles que sur les anciens systèmes.

Régime

Sur le Motronic, le régime de ralenti est régulé électroniquement par l'appareil de commande.

L'appareil de commande peut réguler le régime de ralenti de différentes manières :

- Déplacement de l'instant d'allumage
- Coulisseau rotatif
- Moteur pas-à-pas
- Déplacement du papillon des gaz

L'utilisation des composants indiqués ci-dessus ne permet plus le réglage du régime de ralenti.

Pourcentage de la teneur en CO

La teneur en CO ne peut être réglée que sur les anciens systèmes. Dans ces systèmes, la teneur en CO est réglée à l'aide d'un potentiomètre sur le dispositif de mesure du débit massique d'air ou par une vis de bypass ou un potentiomètre sur le débitmètre d'air. Dans la plupart des cas, les composants qui peuvent influencer la teneur en CO doivent être préalablement débranchés.

Auto-diagnostic

La plupart des systèmes de gestion moteur sont équipés d'un auto-diagnostic. Cela signifie que le système est en mesure de détecter certaines erreurs et de les stocker dans la mémoire de défauts.

Les systèmes modernes de gestion moteur vérifient la plausibilité de tous les signaux d'entrée. Si les valeurs ne sont pas plausibles, par exemple en cas de défaillance d'un capteur, l'appareil de commande est en mesure d'utiliser une valeur de remplacement pour de nombreux capteurs. Ce fonctionnement est dit de secours. Le défaut est placé dans la mémoire de défauts et le conducteur peut dans (presque) tous les cas se rendre jusqu'au garage.

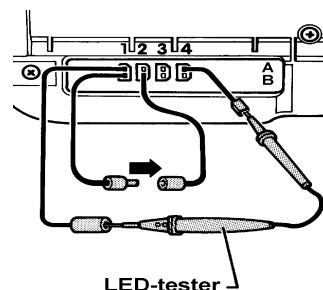
Sur les véhicules plus anciens (à partir du début des années 90), en cas de détection d'un défaut, un témoin de défaut était allumé sur le panneau d'instruments. Le témoin de défaut provoquait souvent une réaction de panique chez le conducteur. Pour cette raison, sur de nombreux véhicules, on a supprimé le témoin de défaut. A partir de 2001, l'introduction de la réglementation E.O.B.D. prescrit cependant un témoin de défaut (lampe MIL).

Ainsi qu'on l'a déjà indiqué plus haut, les perturbations sont stockées dans la mémoire de défauts. La mémoire de défauts peut être lue à l'aide d'un testeur à LED, du témoin de défaut sur le panneau d'instruments ou par un appareil de diagnostic.

Les instructions d'essai (du fabricant, ou par exemple de Autodata) décrivent comment lire la mémoire de défauts.

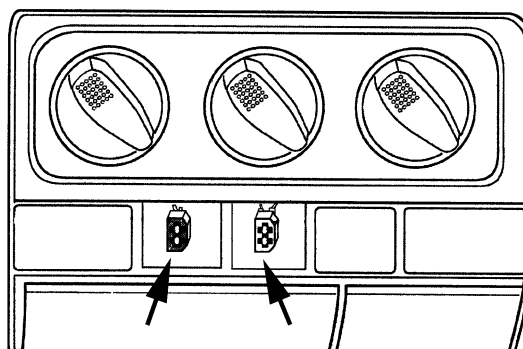
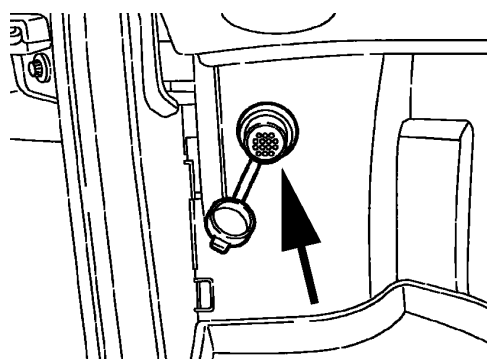
La communication avec l'appareil de commande s'effectue par l'intermédiaire d'une fiche de diagnostic. Cette fiche de diagnostic présente la plupart du temps les raccordements suivants :

Conducteur d'activation :	Conducteur L
Conducteur de communication :	Conducteur K
Tension d'alimentation (+) :	Borne 30
Tension d'alimentation (-) :	Borne 31
Code de scintillement :	Conducteur LED



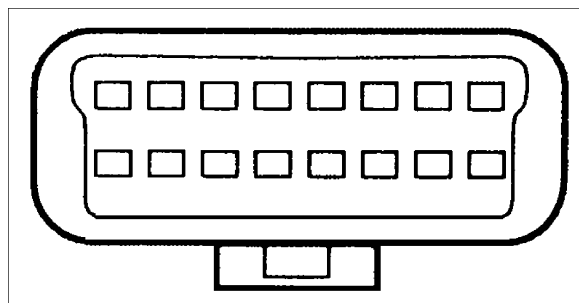
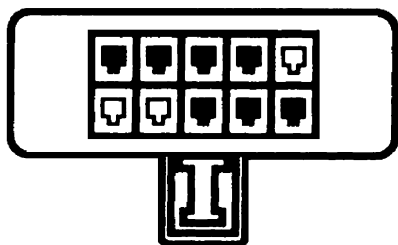
Raccordement de diagnostic

Dans le paragraphe précédent, on a indiqué clairement qu'il existe une possibilité de communication avec l'appareil de commande par l'intermédiaire d'un raccordement de diagnostic. Malheureusement, chaque fabricant utilise sa propre fiche de diagnostic, de sorte qu'il en existe de nombreux modèles. Ce raccordement peut être installé depuis le capot moteur jusque dans l'habitacle (boîtier à fusibles/tableau de bord).



Dans les deux figures ci-dessus, on voit clairement que tant la localisation que la réalisation du raccordement de diagnostic peut varier d'un véhicule à l'autre.

Dans les figures ci-dessus, on peut voir la forme de deux fiches de diagnostic différentes. La fiche de diagnostic de gauche est utilisée chez Opel; la fiche de diagnostic de droite, à 16 pôles, sera prochainement utilisée par les différents fabricants (réglementation E.O.B.D.).



1.1.4. Réglementation E.O.B.D.

E.O.B.D. est l'abréviation de **E**uropean **O**n **B**oard **D**iagnostics (Autodiagnostic européen). C'est un système de diagnostic qui est intégré dans l'appareil de commande du moteur et qui surveille en permanence les systèmes de régulation et les composants du système de régulation du moteur qui concernent les gaz d'échappement.

L'E.O.B.D. fait partie de l'étape 3 de la norme européenne qui est imposée officiellement à partir du 01.01.2001 pour les premières immatriculations des véhicules. Cependant, à partir du 01.01.2000, seuls sont encore homologués en Europe des véhicules neufs à moteur à essence conformes aux recommandations EU (avec E.O.B.D.).

Le système contient un "témoin d'avertissement des gaz d'échappement" qui s'allume en cas de défaut lié aux émissions. Le témoin d'avertissement s'allume lorsque :

- Il apparaît un défaut qui entraîne un débranchement de cylindre (protection du catalyseur). Dans ce cas, la lampe clignote tant que le défaut est présent.
- Il se produit un défaut concernant les gaz d'échappement au cours de deux cycles moteur successifs.
- Le module de gestion moteur détecte un défaut lors de son auto-test.
- Le contact est mis sans que le moteur tourne (fonction de contrôle des ampoules).



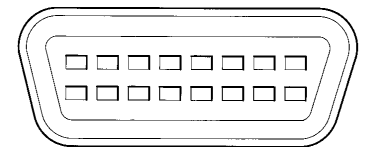
D'un point de vue technique, les spécifications principales qui découlent de l'E.O.B.D. sont les suivantes :

- Surveillance de :
 - Catalyseur
 - Sondes lambda
 - Système d'injection
 - Système d'air secondaire
 - Recyclage des gaz d'échappement
 - Autres systèmes
- Détection de défauts de combustion ("engine misfire")
- Interface de testeur standardisé
- Commande standardisée des témoins de défaut (**M**alfunction Indicator **L**amp - MIL)
- Protocole d'erreur standardisé et code d'erreur universel

Sur les interfaces de diagnostic universel, on s'oriente vers les données américaines.

Position des broches pour la fiche E.O.B.D. standard (16 broches):

Broches 7 + 15	Communication de données selon ISO 9141-2
Broches 2 + 10	Communication de données selon SAE J 1850
Broche 4	Masse du véhicule
Broche 5	Masse du signal
Broche 16	Batterie +
Broches 1,3,6,8,9,11,12,13,14	non définies



Format du code d'erreur de diagnostic (D.T.C.)

Les D.T.C. (**D**iagnostic **T**rouble **C**ode) sont structurés de manière à pouvoir indiquer par leur aide un défaut soupçonné. Les D.T.C. doivent servir d'accessoires lors des opérations d'entretien. Ils ne doivent pas délivrer de conclusions implicites sur des composants défectueux.

La norme SAE J2012 prescrit un code d'erreur de diagnostic (D.T.C.) alphanumérique à cinq positions, dont les positions individuelles sont définies comme suit :

- La première position du D.T.C. désigne la fonction D.T.C. :
 - P = Groupe motopropulseur (Powertrain)
 - B = Carrosserie (Body)
 - C = Châssis (Chassis)
- La deuxième position du D.T.C. indique qui est responsable de la définition du D.T.C. :
 - 0 = Code normalisé selon SAE/ISO
 - 1 = Code spécifique au constructeur

- La troisième position du D.T.C. désigne le sous-groupe :
 - 0 = Système global
 - 1 = Système d'air secondaire/Préparation du mélange
 - 2 = Système de carburant
 - 3 = Installation d'allumage/Défaut d'allumage
 - 4 = Surveillance supplémentaire des gaz d'échappement
 - 5 = Régulation du ralenti/du régime
 - 6 = Signaux d'entrée/sortie de l'appareil de commande
 - 7 = Boîte de vitesse
- La quatrième et la cinquième position du D.T.C. indiquent une numérotation continue des composants ou systèmes individuels.

Les données conservées dans la mémoire de défauts du module peuvent être lues à l'aide d'un testeur de diagnostic du commerce (appareils universels Scantool).

La lecture d'un D.T.C. normalisé (Code P) à l'aide d'un Scantool universel n'indique cependant pas de manière indubitable si d'autres défauts sont sous-jacents à ce défaut.

Code de disponibilité (Readiness Code)

Le Readiness Code (P1000) indique si, depuis le dernier effacement de la mémoire de défauts ou depuis le dernier démontage/remplacement des appareils de commande, tous les systèmes de surveillance ont terminé leurs tests.

Le code de disponibilité n'est effacé que si, pendant un parcours de disponibilité (Readiness Trip), tous les essais du système de surveillance ont été effectués.

Le code de disponibilité a été introduit pour révéler des manipulations. On peut ainsi indiquer si la mémoire de défauts a été effacée par débranchement de la batterie ou effacement délibéré avant une vérification officielle.

Données d'environnement des erreurs (Freeze Frame Data)

Lors de la détection d'un défaut, les données suivantes sont mises en mémoire :

- Code d'erreur
- Vitesse du véhicule
- Température du fluide de refroidissement
- Régime du moteur
- Etat de charge du moteur
- Valeur d'adaptation de la formation du mélange
- Etat de la régulation lambda (boucle de régulation ouverte/fermée)
- Distance parcourue depuis que l'erreur a été enregistrée pour la première fois

1.1.5. Diagnostic, suppression des défauts et instructions pour l'atelier

1.1.5.1. Recherche de pannes systématique par les contrôles préliminaires

Les étapes de vérification qui suivent aideront à chercher les causes des plaintes sur un moteur à essence et donc à établir un diagnostic de manière efficace.

Etat mécanique du moteur et de ses composants

- Vérifier la compression de chaque cylindre, écart entre deux cylindres : max. 2 bars
- Vérifier la perte de pression du cylindre individuel, maximum 20%, écart max. 10%
- Vérifier la dépression d'aspiration au ralenti (500 - 600 mbar)
- Vérifier la courroie de distribution et son calage
- Vérifier le jeu des soupapes ou l'état des poussoirs hydrauliques
- Perte de charge dans l'échappement maximum 0,4 bar (donner brièvement plein gaz une fois, mesure avant le catalyseur)
- Par la jauge de niveau d'huile, vérifier si l'huile moteur n'est pas encrassée par du liquide de refroidissement
- Vérifier le fonctionnement de la ventilation du carter
- Vérifier s'il n'y a pas de défaut d'étanchéité dans le système d'admission, de même que les bagues d'étanchéité des injecteurs
- Vérifier si le système d'échappement est étanche (important pour un fonctionnement correct de la sonde lambda)
- Vérifier les résistances de chauffage (éventuellement présentes) dans le collecteur d'admission
- Vérifier l'état et le raccordement correct des raccords de dépression
- Vérifier si l'ouverture du papillon des gaz est correctement réglée
- Vérifier si le moteur et les composants de la gestion moteur correspondent aux normes d'application

Défauts associés au système de carburant

- Vérifier la pression de carburant (vérifier si la pompe à carburant électrique tourne)
- Vérifier la qualité du carburant (encrassement)
- Vérifier le fonctionnement des injecteurs
- Vérifier les valeurs sur les gaz d'échappement (voir 0)
- Vérifier l'état du filtre à air et des conduits d'admission
- Vérifier le clapet de basculement été/hiver du filtre à air
- Vérifier si le système de récupération de vapeurs de carburant fonctionne correctement
- Vérifier si le recyclage des gaz d'échappement fonctionne correctement
- Vérifier l'état de la mise à l'air du réservoir
- Vérifier si le thermostat fonctionne correctement

Défauts associés au circuit électrique

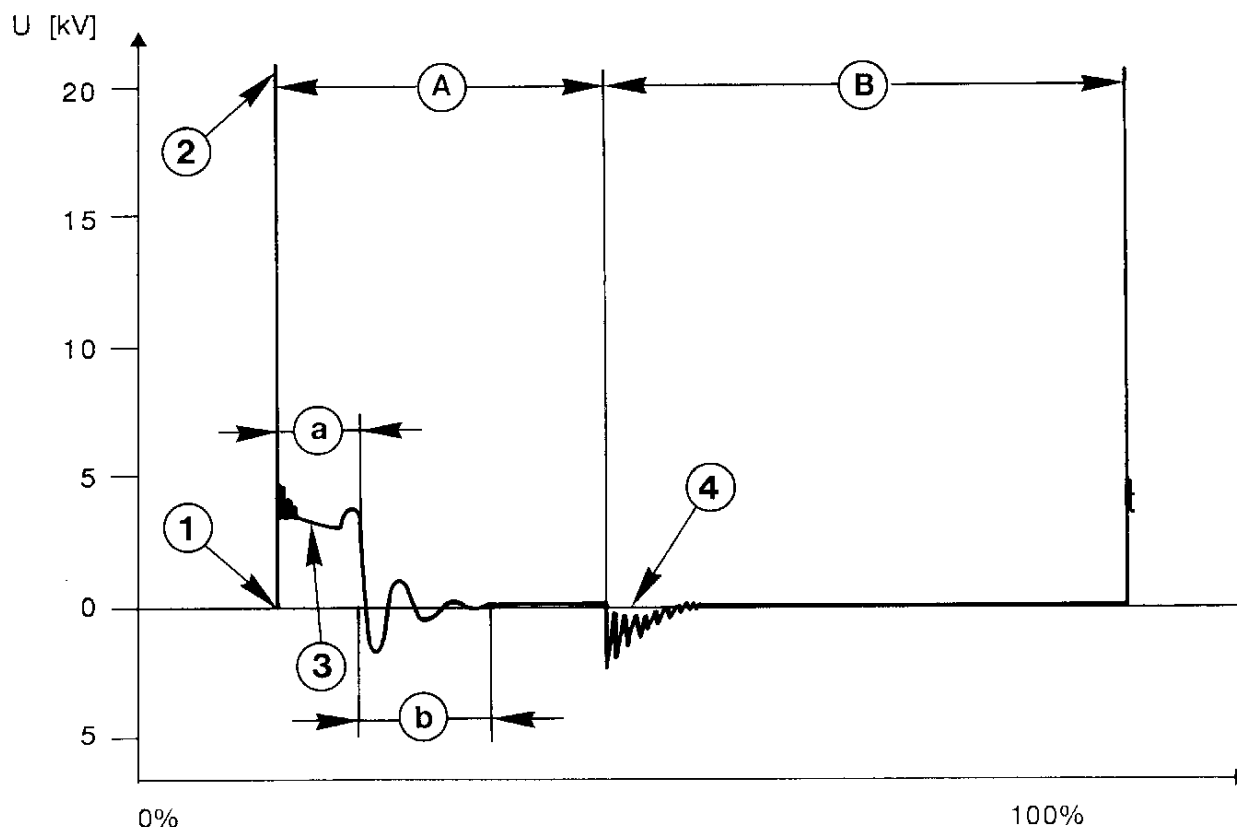
- Vérifier l'état des raccords électriques et des raccords à la masse
- Vérifier l'état de la charge de la batterie
- Vérifier si le régime du démarreur est suffisant et s'il tourne régulièrement
- Vérifier l'état des bougies d'allumage
- Vérifier la tension d'allumage sur tous les cylindres (au ralenti, la tension doit atteindre 8 à 14 kV, différence admissible de 2 kV, et en cas de charge brusque, la tension d'allumage doit monter de 2 à 4 kV)
- Vérifier l'avance à l'allumage
- Vérifier l'état et la résistance des câbles d'allumage (4 k Ω /10 cm)
- Vérifier la régulation à sonde lambda (la valeur de tension varie entre 0,1 et 0,8 V)
- Vérifier l'appareil de commande PCM (codes d'erreur)

1.1.5.2. Oscillogramme d'allumage

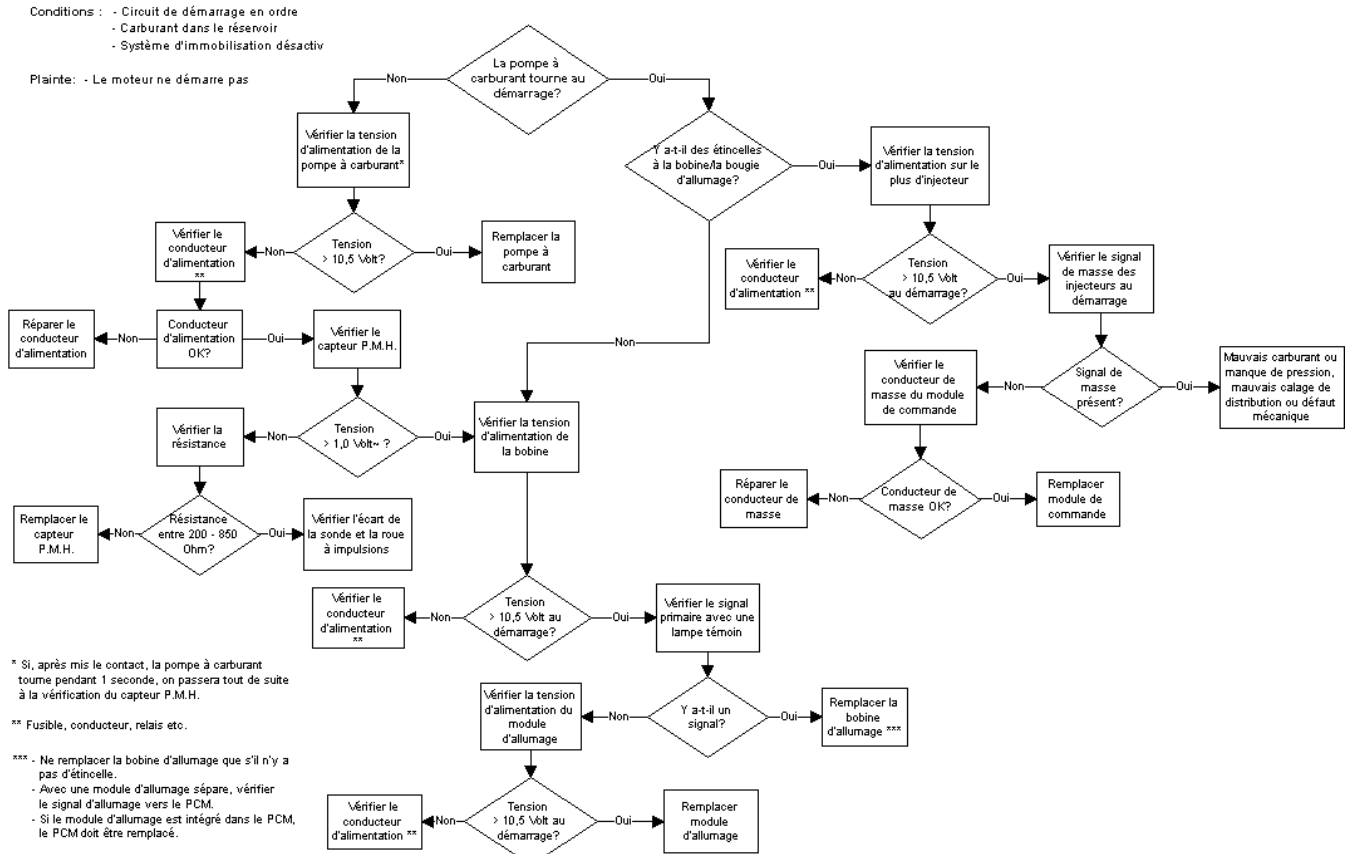
L'oscilloscope permet de représenter l'évolution de la tension dans le circuit primaire et dans le circuit secondaire de l'installation d'allumage. Pour les installations d'allumage électronique, la représentation du circuit secondaire est tout à fait suffisante.

Si le déroulement s'écarte de l'oscillogramme normal, suivant le type de l'anomalie, on peut tirer des conclusions sur des défauts dans l'installation d'allumage, la formation du mélange ou la combustion.

Oscillogramme secondaire normal



- A = durée de blocage du transistor
- B = durée de passage du transistor
- a = durée de l'étincelle
- b = amortissement des oscillations
- 1 = le transistor est bloqué (instant d'allumage)
- 2 = tension d'allumage
- 3 = tension de combustion
- 4 = le transistor est passant



1.1.5.4. Diagnostic rapide des gaz d'échappement

Avant de commencer l'essai sur un moteur chaud, faire tourner le moteur pendant 3 minutes à 3.000 tours/min.

Gaz d'échappement	Sans catalyseur	Avec catalyseur
Hydrate de carbone "HC"	100-300 ppm	0-30 ppm
Monoxyde de carbone "CO"	0,5-3,5%	0,0-0,3%
Oxygène "O ₂ "	0,5-1,5%	0,0-0,2%
Dioxyde de carbone "CO ₂ "	13,0-14,5%	14,8-16,8%
Valeur lambda "λ"	0,9-1,1	0,98-1,015

Des valeurs élevées des HC proviennent de :

- extinction de la flamme dans la zone de bordure froide de la chambre de combustion, par exemple lorsque le moteur est froid
- rupture d'allumage et puissance d'allumage insuffisante, par exemple à cause de :
 - bougie d'allumage usée ou défectueuse
 - câble d'allumage à résistance trop élevée, court-circuit, etc (les défauts d'allumage sont également détectables par des valeurs oscillantes de HC et de O₂)
- mauvaise avance à l'allumage
- mélange trop riche ou trop pauvre
- soupapes non étanches
- mauvaise compression
- mauvais calage de distribution/grand angle de croisement
- forte consommation d'huile
- dilution de l'huile moteur par du combustible
- conversion insuffisante dans le catalyseur

Les valeurs élevées de CO proviennent de :

- régime de ralenti trop bas
- réglage du mélange trop riche
- régulation lambda défectueuse
- conversion insuffisante dans le catalyseur
- mélange trop riche, par exemple à cause de :
 - filtre à air encrassé
 - injecteur non étanche
 - l'enrichissement pour démarrage à froid/fonctionnement à froid fonctionne quand le moteur est chaud
 - différence de débit de carburant entre les cylindres individuels
 - pression trop élevée du système de carburant (dépend du système)

Des valeurs élevées d'O₂ proviennent de :

- mélange réglé trop pauvre
- régulation lambda défectueuse
- conversion insuffisante dans le catalyseur
- mélange trop pauvre, par exemple par :
 - différence de débit de carburant entre les cylindres individuels
 - système d'admission non étanche (prise d'air)
 - pression du système de carburant trop faible
- dilution des gaz d'échappement, par exemple par :
 - installation d'échappement non étanche
 - le conduit d'aspiration de gaz d'échappement vers le testeur n'est pas étanche
 - le système d'injection d'air secondaire dans les gaz d'échappement est en fonction

Des valeurs trop faibles de CO₂ proviennent de :

- mélange trop pauvre ou trop riche
- défauts d'allumage, rupteur du moteur
- conversion insuffisante dans le catalyseur
- dilution des gaz d'échappement, par exemple par :
 - installation d'échappement non étanche
 - le conduit d'aspiration des gaz d'échappement vers le testeur n'est pas étanche
 - la sonde de gaz d'échappement n'est pas enfoncée suffisamment dans le tuyau d'échappement
 - le système d'injection d'air secondaire dans les gaz d'échappement est en fonction

1.1.5.4.1.1. Valeur lambda

- Un lambda > que 1 signifie un mélange pauvre (il y a plus d'oxygène présent que ce qui est nécessaire pour une oxydation complète)
- Un lambda < que 1 signifie un mélange riche (il y a moins d'oxygène présent que ce qui est nécessaire pour une oxydation complète)

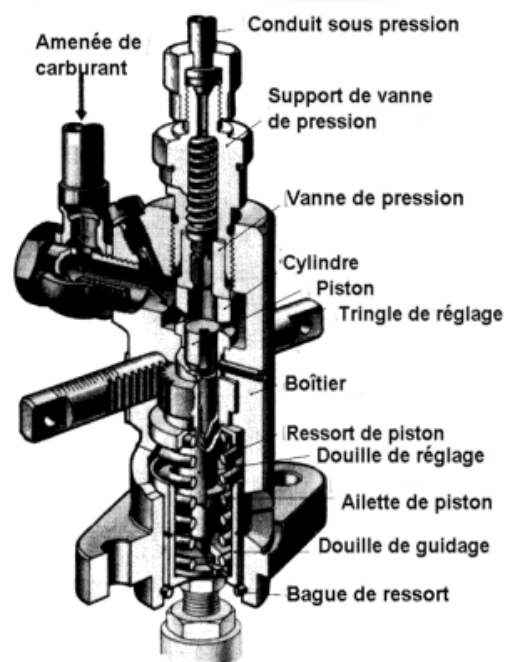
1.2. Gestion des moteurs Diesel

Jusqu'au milieu des années 80, les dispositifs d'injection diesel étaient exclusivement réalisés avec une régulation mécanique.

- Pompe d'injection série
- Pompe d'injection à distribution
- Système mécanique d'injecteur-pompe

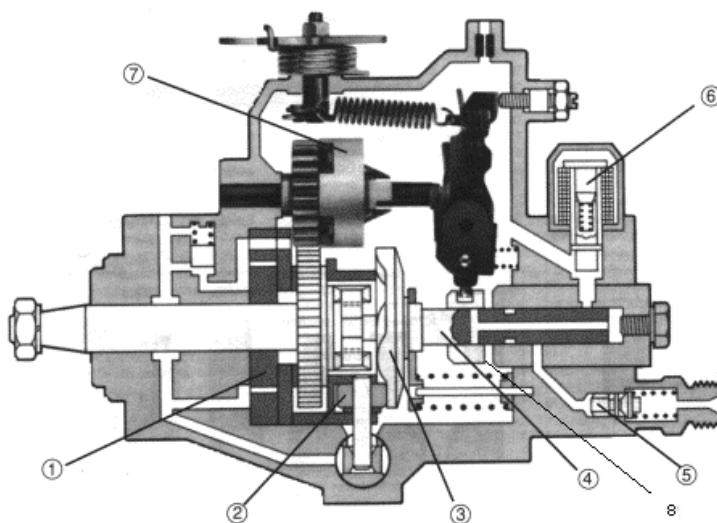
Cela signifie que le souhait du conducteur est transmis à la pompe d'injection par le câble ou la tringle de la pédale d'accélération.

Dans la **pompe d'injection** en ligne, une modification de la position de la pédale d'accélération vers une augmentation ou une diminution de la quantité injectée fait tourner le piston de pompe à l'aide d'une tringle de réglage, ce qui modifie la course d'alimentation pour une course constante du piston.



Dans la **pompe d'injection** distributrice, un actionnement de la pédale d'accélération déplace un coulisseau de réglage sur le piston axial vers une diminution ou une augmentation de la quantité de carburant. Ainsi, ici également, la course d'alimentation est modifiée pour une course constante du piston.

- 1 = pompe de transfert
- 2 = anneau porte-galets
- 3 = disque à cames
- 4 = piston axial
- 5 = clapet anti-retour
- 6 = électrovanne d'arrêt
- 7 = régulateur centrifuge
- 8 = coulisseau de réglage



1.2.1 Réglage et commande mécaniques

Avec le renforcement des exigences concernant la puissance et les émissions dans les gaz d'échappement, les possibilités de commande décrites ci-dessus ne suffisent plus. Pour pouvoir respecter ces exigences, il faut utiliser d'autres possibilités d'adaptation qui détectent l'état de fonctionnement du moteur pour agir sur l'injection.

1.2.1.1. Systèmes de régulation mécanique

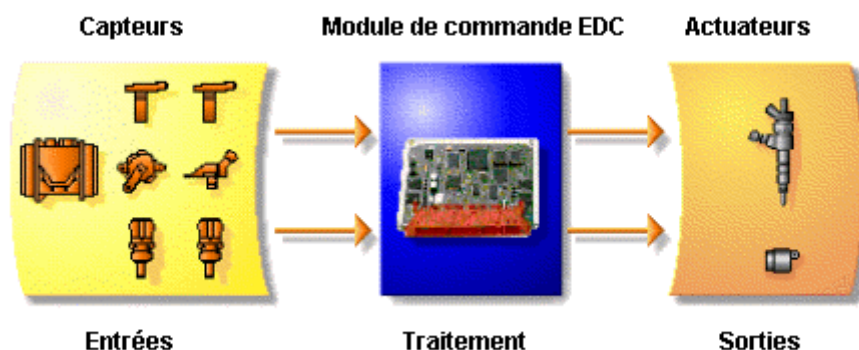
- Butée de pleine charge sous la dépendance de la pression atmosphérique (ADA)
 - La quantité injectée est modifiée en fonction de la pression atmosphérique.
- Butée de pleine charge sous la dépendance de la pression de suralimentation (LDA)
 - Sur moteurs diesel à turbocompresseur, la pression de suralimentation influence la quantité injectée.
- Accélérateur de démarrage à froid (KSB)
 - Pour améliorer le comportement au démarrage à froid, l'instant d'injection est déplacé en fonction de la température du fluide de refroidissement.
- Relèvement du ralenti en fonction de la température (TLA)
 - Pour que le moteur chauffe plus vite et tourne de manière plus régulière à froid, le régime de ralenti est relevé par modification de la quantité injectée et de l'instant d'injection.
- Début d'alimentation en fonction de la charge (LFB)
 - Les émissions de gaz brûlé et de bruit sont réduites par adaptation à l'état de charge du moteur.

1.2.2. Régulation diesel électronique

En 1985, la firme Bosch a développé la régulation diesel électronique appelée EDC => **E**lectronic **D**iesel **C**ontrol.

1.2.2.1. Fonctions de l'EDC

De même que le recours à l'injection électronique d'essence, l'utilisation de systèmes d'injection diesel à régulation électronique permet d'obtenir une régulation exacte du début de l'injection, associée à un dosage extrêmement précis de la quantité de carburant.



Entrées => capteurs

Les capteurs détectent les données de fonctionnement, par exemple la charge, le régime, la température du moteur et les conditions ambiantes, comme la température et la pression de l'air d'admission.

Traitement => Appareil électronique de commande

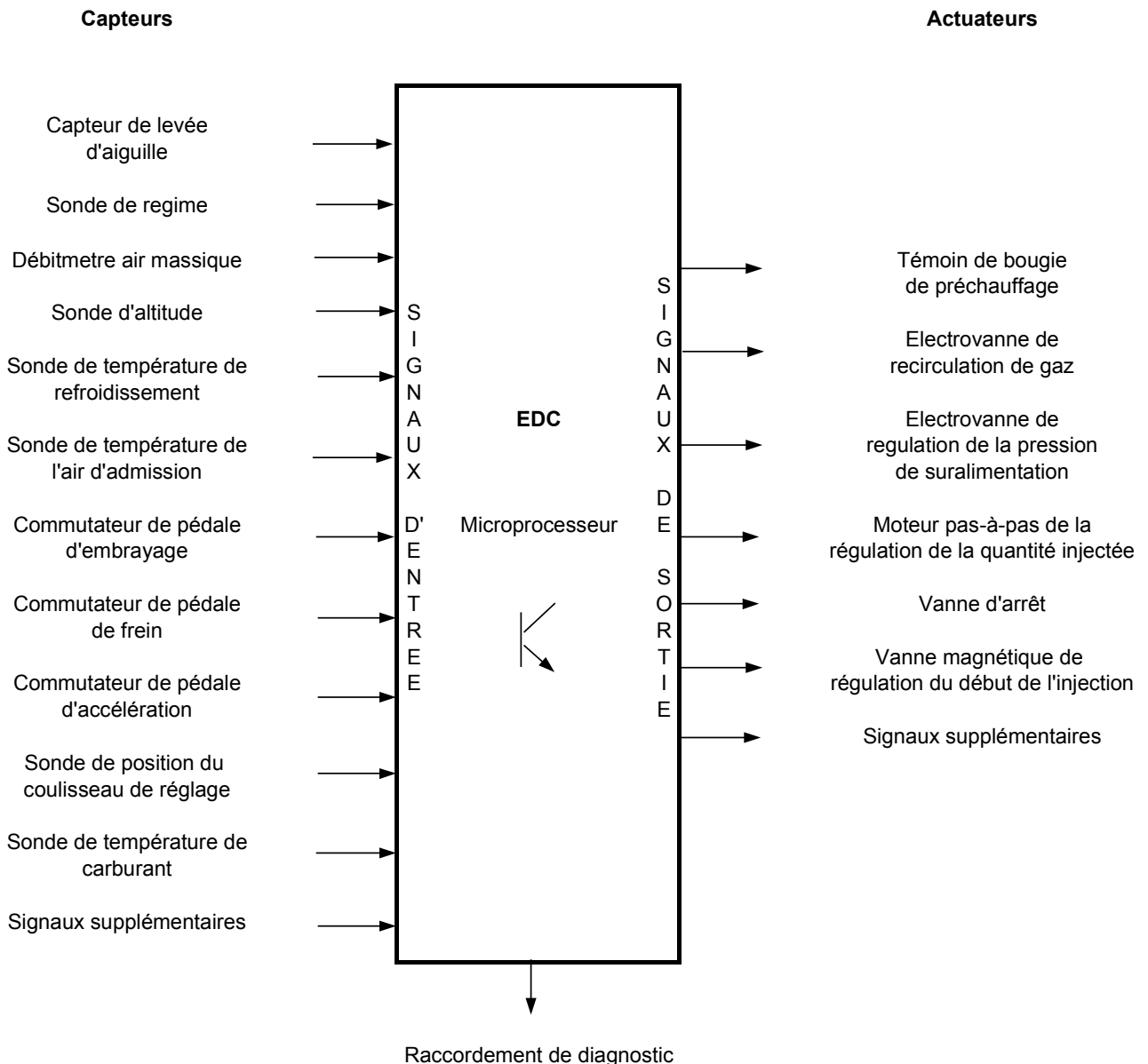
Il s'agit d'un microprocesseur qui, à partir des données de fonctionnement, des informations concernant l'environnement et en tenant compte des valeurs de consigne conservées dans les cartographies, définit la quantité injectée, le début de l'injection, etc., et éventuellement régule la recirculation des gaz brûlés.

Sortie => Actuateurs ou organes de réglage

Elles permettent d'agir électriquement sur le dispositif d'injection à haute pression, éventuellement sur le système de recirculation des gaz d'échappement et sur le système de suralimentation.

1.2.2.2. Structure des EDC

Les systèmes d'injection à régulation électronique sont constitués de :

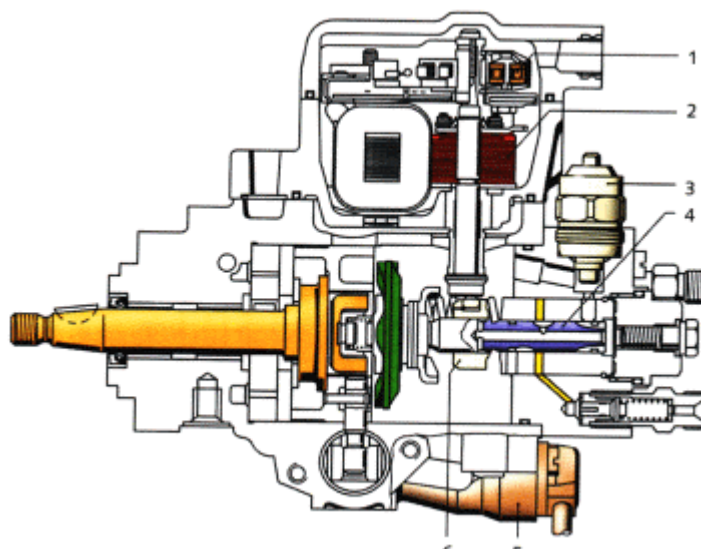


1.2.3. Systèmes d'injection électronique

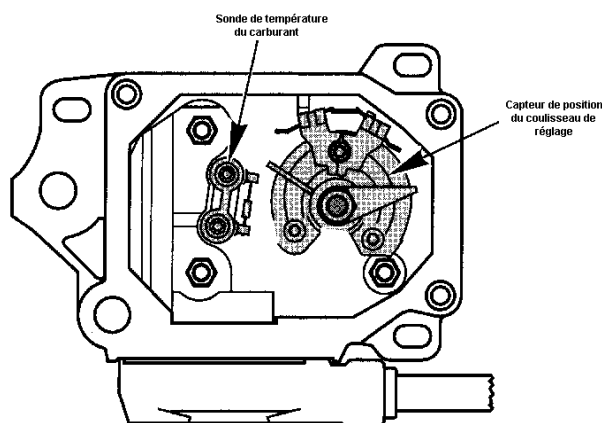
1.2.3.1. Pompe à piston axial avec coulisseau de réglage (par ex. Bosch VP 37)

Il s'agit d'une pompe d'injection entièrement électronique commandée par un module EDC. Comme auparavant, la haute pression est créée mécaniquement par un piston axial à haute pression. La pompe d'injection à distribution avec coulisseau de réglage a une structure identique à celle de la pompe d'injection à régulation mécanique. La commande du coulisseau de réglage ne s'y effectue pas mécaniquement par un mécanisme à levier, mais au moyen d'un mécanisme à aimant qui reçoit des informations de l'appareil de commande EDC. L'appareil de commande compare les valeurs effectives et de consigne du coulisseau de réglage obtenues par un capteur de position du coulisseau de réglage qui détermine la position instantanée du coulisseau de réglage. De même, le début de l'injection est régulé électroniquement par l'appareil de commande EDC. A cet effet, une électrovanne est synchronisée de manière appropriée par l'appareil de commande EDC pour ainsi modifier la pression de carburant dans le mécanisme d'avance.

- 1 = sonde de position du coulisseau de réglage
- 2 = actuateur de débit
- 3 = électrovanne d'arrêt
- 4 = piston de distribution (piston axial)
- 5 = électrovanne de réglage de l'avance
- 6 = coulisseau de réglage



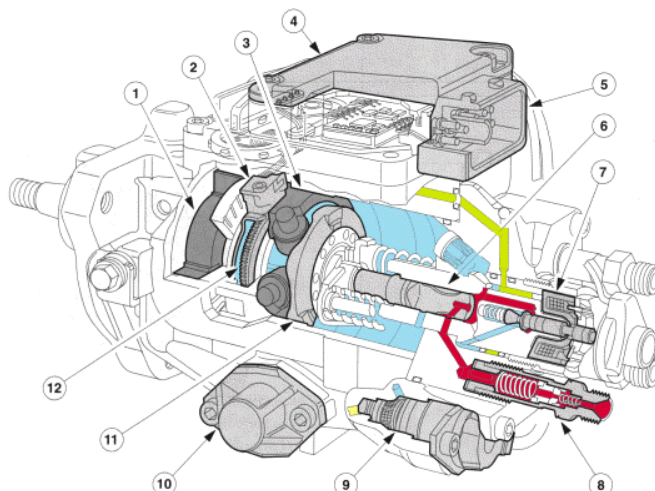
En outre, une résistance CTN transmet la température du carburant à l'appareil de commande. En cas de modification de la température du carburant, sa densité se modifie, ce qui permet à l'appareil de commande d'adapter la quantité de carburant de manière appropriée.



1.2.3.2. Pompe à piston axial avec commande par électrovanne (par ex. Bosch VP 30)

Au lieu du coulisseau de réglage à commande électronique, dans cette pompe, c'est une vanne à haute pression qui est synchronisée par l'appareil de commande qui assure la modification de la quantité injectée.

- 1 = pompe cellulaire à ailettes
- 2 = capteur d'angle de rotation
- 3 = bague à galets
- 4 = appareil de commande de la pompe
- 5 = fiche de raccordement
- 6 = piston axial
- 7 = électrovanne haute pression
- 8 = étrangleur de retour
- 9 = électrovanne d'avance
- 10 = mécanisme d'avance
- 11 = disque à cames
- 12 = roue d'émission des impulsions

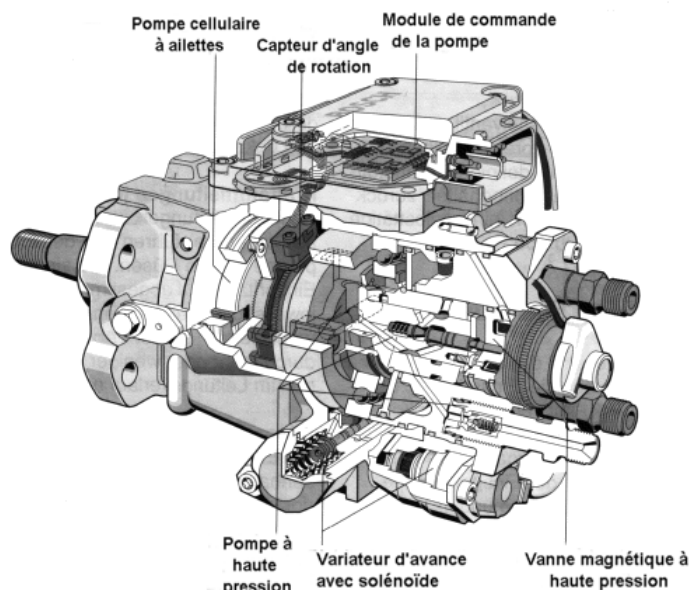


Remarques concernant cette pompe de distribution d'injection

- Pression d'injection jusqu'à 1300 bars
- Appareil intégré de commande de pompe pour la synchronisation de la vanne à haute pression et de l'électrovanne de réglage de la course d'injection
- Grande plage de réglage du début de l'injection
- Régulation du début de l'alimentation sans sonde de course du pointeau, par les signaux de la sonde d'angle de rotation en coopération avec le capteur d'angle de rotation
- Un réglage du début de l'alimentation n'est pas nécessaire

1.2.3.3. Pompe d'injection à piston radial (par ex. Bosch VP 44)

Il s'agit ici aussi d'une pompe d'injection entièrement électronique à appareil de commande intégré. Cependant, la haute pression est créée par des moyens mécaniques à l'aide de pistons haute pression disposés de façon radiale. Cela permet d'appliquer une forte énergie de pulvérisation au niveau de l'injecteur. La commande de l'injection s'effectue exactement comme dans la pompe VP 30 décrite plus haut.



Caractéristiques de cette pompe de distribution d'injection

- Pression d'injection jusqu'à 1800 bars
- Appareil intégré de commande de pompe pour la synchronisation de la vanne à haute pression et de l'électrovanne de réglage de l'injection
- Grande plage de réglage du début de l'injection
- Régulation du début de l'alimentation sans sonde de course du pointeau, par les signaux de la sonde d'angle de rotation en coopération avec le capteur d'angle de rotation
- Un réglage du début de l'alimentation n'est pas nécessaire
- Débits d'alimentation variables et possibilité d'une pré-injection dans la plage de régime concernée

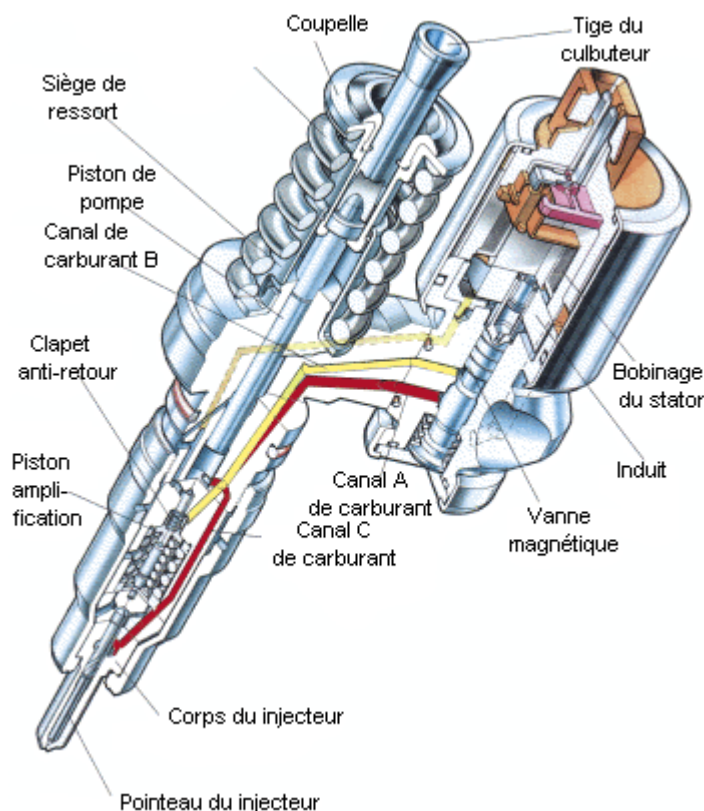
1.2.3.4. Injecteur-Pompe (PDE ou UI)

Dans l'unité d'injecteur-pompe, la pompe à haute pression et l'injecteur forment une unité. Chaque cylindre du moteur possède son propre module d'injecteur-pompe. L'injecteur est commandé par une électrovanne synchronisée en fonction des paramètres de début de l'injection et de modification de la quantité injectée qui sont délivrés par l'appareil de commande EDC.

Il n'y a plus de perte dans les conduits à haute pression entre la pompe d'injection et les injecteurs. De plus, chaque cylindre individuel du moteur peut être alimenté individuellement en carburant en fonction des signaux d'entrée traités par l'appareil de commande.

On peut atteindre ici des pressions d'injection qui peuvent aller jusqu'à 2000 bars.

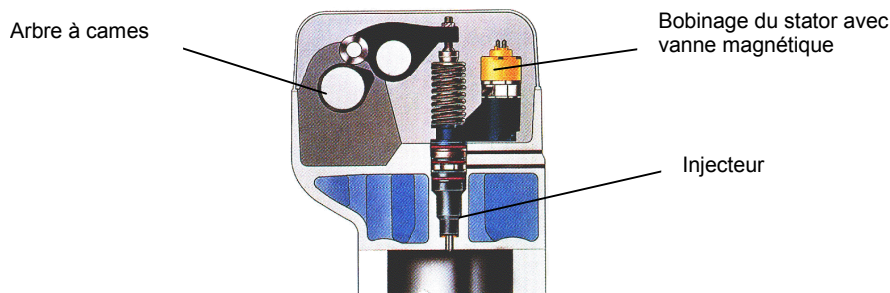
Injecteur-pompe Lucas dans le moteur 5 cylindres de la Landrover



Brève description du fonctionnement

- Phase de remplissage
L'électrovanne est ouverte (pas de tension sur le bobinage du stator) => le carburant pénètre dans la chambre à haute pression
- Phase d'alimentation (injection)
Une tension est appliquée sur le bobinage du stator => l'amenée de carburant est fermée. Une came supplémentaire sur l'arbre à came du moteur entraîne le piston de pompe vers le bas. A environ 180 bars, le pointeau de gicleur s'ouvre pour la pré-injection. A partir d'environ 300 bars commence l'injection principale. L'injection se termine lorsque l'électrovanne n'est plus activée.

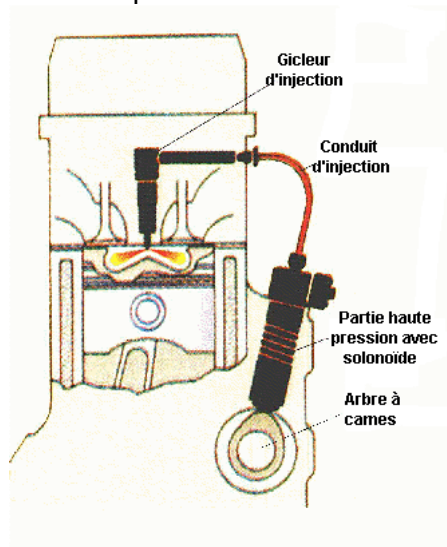
Entraînement injecteur-pompe



La haute pression d'injection raccourcit la durée d'injection, améliore la formation du mélange et réduit les paramètres d'émission.

1.2.3.5. Pompe-conduit-injecteur (PLD)

Ce système travaille de manière similaire au système PDE décrit plus haut, mais la pompe d'injection et l'élément à haute pression ne forment pas un module commun. Ils sont disposés séparément et sont reliés l'un à l'autre par un court conduit à haute pression.



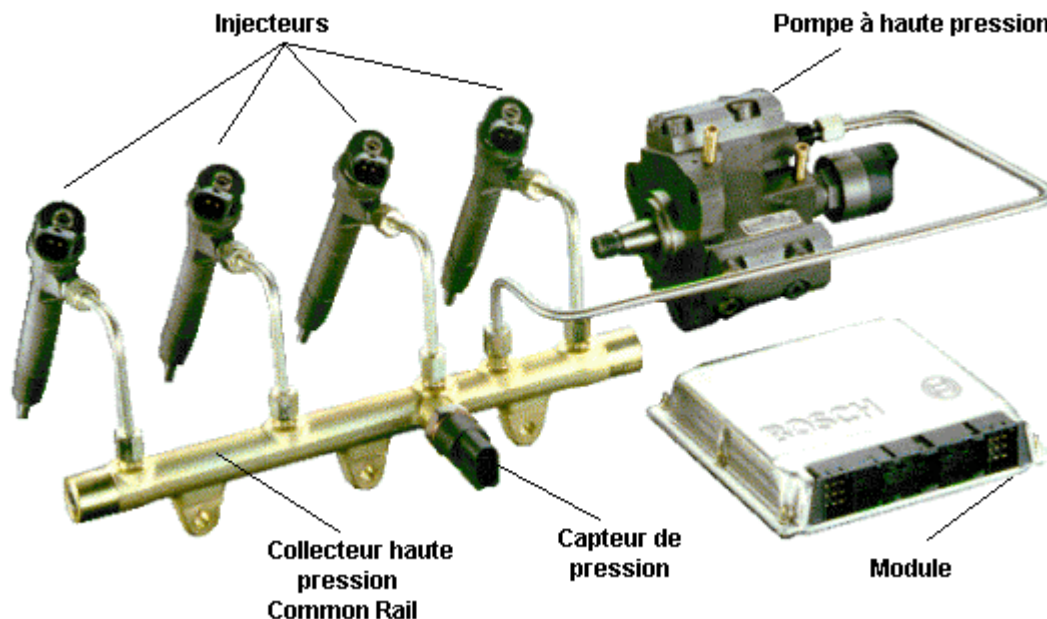
En plus de son propre injecteur, chaque cylindre dispose d'une partie à haute pression propre de sorte que l'une des unités représentées ci-dessus est associée à chaque cylindre.

Comme dans le PDE, l'instant d'injection et la quantité d'injection de chaque cylindre individuel du moteur peuvent être déterminés en fonction de l'état du moteur. Ce système permet une commande individuelle des cylindres du moteur, même sur des moteurs dont l'arbre à came est situé en dessous, que l'on trouve encore très fréquemment sur les véhicules utilitaires.

Ici également, la détermination du début de l'injection et de la quantité injectée s'effectue par l'intermédiaire d'une électrovanne comme dans le PDE.

1.2.3.6. Système d'injection à collecteur – système „Common-Rail“

Dans l'injection à collecteur „Common-Rail“, la création de la pression et l'injection sont découplées. La pression d'injection est créée indépendamment du régime du moteur et de la quantité injectée, et elle est mise à disposition de l'injection dans le „rail“ (collecteur de carburant). L'instant et la quantité d'injection sont calculés dans l'appareil de commande et convertis par l'injecteur (unité d'injection) de chaque cylindre du moteur par l'intermédiaire d'une électrovanne asservie. Grâce à l'injecteur et à la présence permanente de la haute pression (qui peut atteindre 1.600 bars), sur les moteurs à auto-allumage et injection directe, on peut adapter le comportement de l'injection de façon plus précise qu'avec chacun des autres systèmes actuellement connus.



Caractéristiques de cette pompe d'injection à distribution

- Pompe à carburant haute pression jusqu'à 1600 bars
- Le collecteur de distribution (Common-Rail) présente une pression que l'appareil de commande adapte aux conditions de fonctionnement du moteur
- Capteur de pression sur le tube de distribution
- Limiteur de débit
- Injecteurs spéciaux, à commande rapide
- Pré-injection
- Refroidisseur de carburant

Propriétés

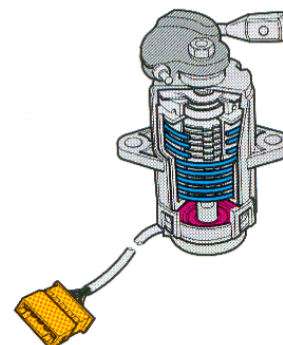
- Le système „Common Rail“ présente l'avantage de pouvoir sélectionner librement dans certaines limites la pression d'injection, indépendamment du régime du moteur et de la quantité injectée.
- La création de la haute pression et l'injection sont séparées.
- Pas de succession d'établissement et de suppression de la pression => la pression d'injection existe en permanence et est disponible pendant toute l'injection.
- La quantité injectée et la pulvérisation sont améliorées, ce qui entraîne une réduction du bruit et des émissions dans les gaz brûlés.

1.2.4. Capteurs, commande et organes de réglage

1.2.4.1. Capteur de position de pédale

Le capteur de position de pédale transmet le souhait du conducteur à l'appareil de commande. Un potentiomètre à contact coulissant transmet un signal qui correspond à la position de la pédale d'accélération à l'appareil de commande qui calcule la quantité de carburant en tenant compte également d'un commutateur de ralenti et d'un commutateur de Kick-Down. Lorsque la sonde est défectueuse, l'appareil de commande bascule en fonctionnement de secours : le moteur tourne à un régime plus élevé, ce qui permet au client d'aller jusqu'au garage.

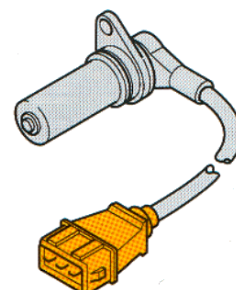
Les véhicules à EDC n'ont pas de liaison mécanique sous forme de câble ou de tringle vers la pompe d'injection ou d'autres systèmes de réglage du débit.



1.2.4.2. Sonde de régime

Une des grandeurs les plus importantes qui influence le calcul de la quantité injectée dans le cas d'une préparation du mélange par commande électronique EDC est le régime. Il est déterminé soit par un capteur placé sur le volant moteur soit par un capteur d'angle de rotation, comme par exemple dans la pompe d'injection à distribution VP 44 de Bosch.

En cas de défaut de la sonde, dans de nombreux types, un programme de fonctionnement de secours est activé pour qu'une sonde existante de course du pointeau délivre des informations concernant le régime à titre de signal de remplacement.



Le programme de fonctionnement de secours prévoit les actions suivantes :

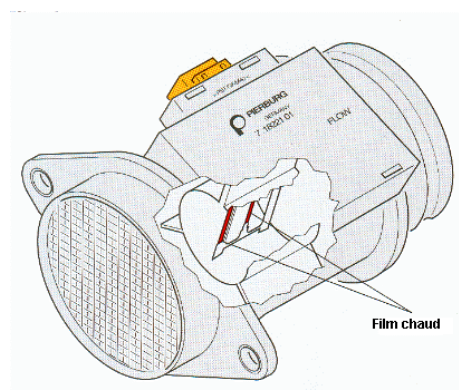
- Réduction de la quantité de carburant
- La commande du début de l'injection se fait en boucle ouverte
- Arrêt de la régulation de la pression de suralimentation
- Si le signal de remplacement de la sonde de course de pointeau est également défaillant, l'injection de carburant est arrêtée – le moteur s'arrête.

1.2.4.3. Mesure du débit massique d'air

La mesure du débit massique d'air transmet à l'appareil de commande le débit massique d'air aspiré. Aujourd'hui, on utilise uniquement une mesure de débit massique d'air par film chaud. Ainsi, la combustion de nettoyage qui était nécessaire après l'arrêt du moteur pour la mesure du débit massique d'air par fil chaud, disparaît.

Si le débit massique d'air est trop faible, de sorte que le moteur a tendance à former des fumées noires, la quantité injectée est reprise dans une cartographie conservée en mémoire dans l'appareil de commande.

Si la mesure du débit massique d'air tombe en panne, une valeur fixe prédéterminée du débit d'air est définie par l'appareil de commande. Cette valeur de débit d'air se manifeste dans la plage des charges partielles par une puissance éventuellement réduite du moteur.

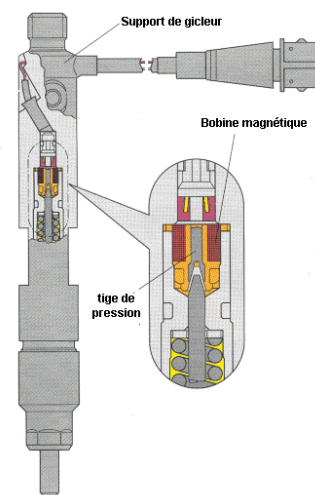


1.2.4.4. Capteur de levée d'aiguille

Le capteur de levée d'aiguille fait partie intégrante d'un injecteur, par exemple sur l'EDC avec pompe Bosch VP 36. Il est constitué d'une bobine magnétique et d'une tige de pression.

La bobine magnétique est alimentée en courant continu par l'appareil de commande, de sorte qu'il y règne un champ magnétique permanent. Lors de l'ouverture de l'injecteur (à savoir un soulèvement du pointeau de l'injecteur), la tige de pression, qui constitue un prolongement de l'extrémité du pointeau de l'injecteur, est entraînée conjointement, ce qui a pour conséquence une modification du champ magnétique. Cette modification a pour effet une modification de la tension continue par induction dans la bobine magnétique. La modification de la tension continue est enregistrée par l'appareil de commande.

A partir de l'impulsion de course du pointeau et du signal de point mort haut délivré par la sonde de régime, l'appareil de commande calcule le début effectif de l'injection, qui est comparé à des valeurs conservées dans l'appareil de commande. L'appareil de commande corrige les éventuels écarts.



1.2.4.5. Autres capteurs

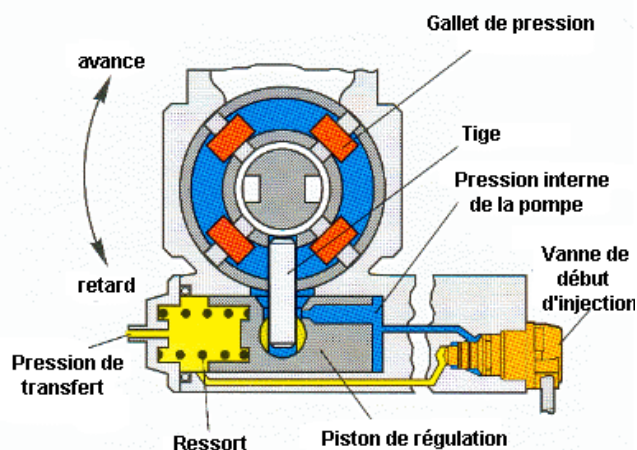
- **Contacteur de pédale d'embrayage**
Pour éviter des à-coups de moteur, lorsque l'embrayage est actionné, la quantité d'injection est brièvement diminuée.
- **Position de la pédale de frein**
Ce contacteur empêche que la pleine puissance soit donnée lorsque le frein est activé. Fréquemment, pour des raisons de sécurité, on monte deux contacteurs dont le fonctionnement commun est surveillé par l'appareil de commande.
Si l'un des deux contacteurs défaille ou si les contacteurs ne sont pas réglés à l'identique, un programme de secours est activé pour agir sur la régulation de la quantité de carburant.
- **Course du coulisseau de réglage**
Dans les pompes d'injection à distribution EDC avec commande du coulisseau de réglage (par exemple Bosch VP 37), la valeur effective de la quantité de carburant est transmise à l'appareil de commande par transmission de la position du coulisseau de réglage. Pour des raisons de sécurité, en cas de panne de ce capteur, le moteur est arrêté.
- **Température du carburant et du liquide de refroidissement**
Pour calculer avec exactitude la quantité de carburant, l'appareil de commande doit disposer de la température du carburant. En outre, pour le calcul exact de la quantité injectée, on a besoin de la température du liquide de refroidissement. Si l'un de ces signaux disparaît, ou les deux, l'appareil de commande utilise des données mises en mémoire.

1.2.4.6. Régulation du début de l'injection sur des pompes d'injection à distribution

Les exigences croissantes concernant les émissions dans les gaz brûlés demandent une régulation du début de l'injection qui est basée sur une régulation en fonction du régime. Le comportement au démarrage et la consommation de carburant sont également influencés positivement par une régulation électronique du début de l'injection.

De même que dans la régulation diesel mécanique, le régulateur d'injection travaille en fonction de la pression intérieure dans la pompe. Alors que dans une pompe purement mécanique, la pression interne de la pompe est modifiée uniquement en fonction du régime par le débit de la pompe d'alimentation en carburant, dans l'EDC, la pompe détermine l'angle de rotation de la bague à galets pour déterminer le début de l'injection. La synchronisation de cette vanne modifie la pression à gauche et à droite du piston de réglage de l'injection.

Structure schématique du réglage de l'injection de la pompe VP 37



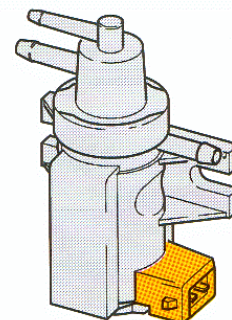
Influences de :

- La température du fluide de refroidissement
 Lorsque le moteur est froid, on observe un important délai d'inflammation. Pour compenser les désavantages du délai d'inflammation, l'instant d'injection est déplacé en direction d'une avance. En cas de panne de la sonde, une température fixe du fluide de refroidissement est prédéterminée.
- Sonde de course du pointeau
 Si des écarts par rapport aux valeurs de consigne de la cartographie mises en mémoire sont constatés, une correction du début de l'injection est réalisée par la vanne de début d'injection sur la pompe de distribution. Lorsque le signal de la sonde de course du pointeau défaille alors que la sonde de régime fonctionne, le début de l'injection n'est plus régulé mais est commandé par un programme de secours, avec en même temps limitation de la quantité injectée. Si, en plus, le signal de régime disparaît, l'amenée de carburant est bloquée et le moteur s'arrête.

1.2.4.7. Recirculation des gaz d'échappement

La recirculation des gaz d'échappement réduit la teneur en oxydes d'azote (NO_x). Une augmentation des émissions d'hydrocarbure (HC), de monoxyde de carbone (CO) et des émissions de particules imposent cependant des limites à la recirculation des gaz d'échappement.

La vanne de régulation des gaz d'échappement est située dans un canal qui relie le collecteur d'échappement au collecteur d'admission. Elle est commandée par l'électrovanne de recirculation des gaz d'échappement.



Alimentée par la pompe de dépression du moteur, elle convertit les signaux de l'appareil de commande en une pression de commande de la recirculation des gaz d'échappement. Le rapport cyclique détermine la dépression qui est transmise à la vanne de recirculation des gaz brûlés.

1.2.4.8. Régulation de la pression de suralimentation

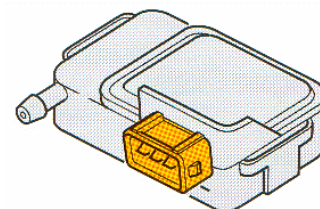
Lorsque le régime moteur augmente, la pression de suralimentation du turbocompresseur augmente. La géométrie du turbocompresseur est conçue de telle sorte qu'à bas régime, la suralimentation utilisable est très faible. Cela signifie cependant qu'à haut régime, elle augmenterait de manière inadmissible, ce qui entraîne que la pression de suralimentation doit être régulée.

La régulation de la pression de suralimentation assure les fonctions suivantes :

- Augmentation de la durée de vie du moteur
- Adaptation optimale de la pression de suralimentation à l'état de charge du moteur
- Pression de suralimentation plus régulière dans une large plage de régime

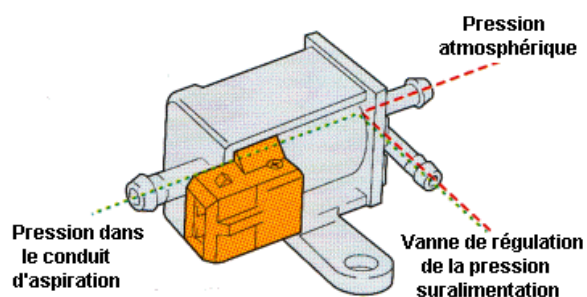
1.2.4.9. Sonde d'altitude

La pression de l'air ambiant dépend de l'altitude géographique. Lorsque l'altitude augmente, la pression de l'air ambiant diminue. La sonde d'altitude transmet à l'appareil de commande la pression effective de l'air ambiant. Sur base de cette information s'effectue une correction d'altitude de la régulation de la pression de suralimentation ainsi que de la recirculation des gaz d'échappement.



1.2.4.10. Electrovanne de limitation de la pression de suralimentation

L'appareil de commande EDC envoie des signaux de sortie à la vanne magnétique de la limitation de la pression de suralimentation en fonction d'un champ de caractéristiques de consigne de pression de suralimentation. La modification du rapport de détection du signal transmet la pression plus ou moins élevée dans le collecteur d'admission à la vanne de régulation de la pression de suralimentation du turbocompresseur alimenté par les gaz brûlés. Ainsi, la pression de suralimentation peut être modifiée entre un minimum et un maximum.



1.2.4.11. Témoin de bougie de préchauffage

Par exemple sur le 1,9 TDI, le témoin a une double fonction. S'il s'allume pendant le roulage, cela ne signifie pas que la bougie de préchauffage est allumée mais que dans ce cas il travaille comme témoin de défaut et informe le conducteur qu'il y a un défaut dans le système de commande du moteur.

1.2.5. Diagnostic, suppression des défauts, instructions pour l'atelier

1.2.5.1. Recherche systématique des défauts par contrôles préliminaires

Les étapes de tests ci-dessous aideront à rechercher la cause de réclamation sur un moteur diesel pour ainsi permettre un diagnostic efficace.

Etat mécanique du moteur et de ses composants

- Vérifier la compression de chaque cylindre : valeur minimum 28 bars pour injection indirecte, 19 bars pour injection directe. Ecart maximum de 4 bars.
- Vérifier la perte de charge des cylindres individuels, au plus 22%, écart maximum de 10%.
- Vérifier l'avance à l'injection (fumée blanche - trop d'avance ; fumée noire – trop de retard).
- Vérifier la courroie crantée.
- Vérifier le jeu aux soupapes ou l'état des poussoirs hydrauliques.
- Vérifier sur la jauge de niveau d'huile si l'huile du moteur est encrassée par du carburant diesel ou du liquide de refroidissement.
- Vérifier le fonctionnement de la ventilation du carter de vilebrequin.
- Vérifier l'état et le raccordement correct des tuyaux de dépression.
- Vérifier le réglage de la tension du câble d'accélérateur et du levier de carburant sur la pompe d'injection.
- Vérifier le joint d'étanchéité de la pompe d'injection.
- Vérifier si le système d'échappement n'est pas encrassé par la suie et les éventuels défauts d'étanchéité du turbocompresseur.
- Vérifier l'état des flexibles et du clapet de by-pass du turbocompresseur.
- Vérifier la vanne de régulation de l'air de suralimentation.
- Vérifier le turbocompresseur.
- Vérifier si le moteur et ses composants sont conformes aux normes spécifiques.
- Vérifier les gaz d'échappement (les gaz d'échappement ne peuvent être faiblement chargés).

Défauts associés au système de carburant

- Vérifier si le carburant arrive en quantité suffisante (éventuellement, vérifier la pression d'alimentation dans le cas d'une pompe d'alimentation externe)
- Vérifier la présence éventuelle de défaut d'étanchéité sur les raccordements des conduits de carburant.
- Vérifier s'il n'y a pas de perte de carburant (des défauts d'étanchéité peuvent également permettre à l'air d'entrer).
- Vérifier la présence de bulles d'air dans le conduit d'alimentation ou de retour.
- Vérifier si le réservoir contient le carburant prescrit.
- Vérifier la présence d'impuretés éventuelles dans le carburant.
- Vérifier si le système de carburant ne contient pas d'eau.
- Vérifier l'état des injecteurs et si le carburant arrive à tous les injecteurs.
- Vérifier l'état du filtre à air et du flexible d'aspiration.
- Vérifier si la recirculation des gaz d'échappement fonctionne correctement.
- Vérifier si le collecteur d'aspiration ne contient pas de suie.
- Vérifier l'état de l'évent du réservoir.
- Vérifier si le thermostat fonctionne correctement.
- Vérifier si le filtre à carburant n'est pas colmaté ou ne présente pas de dépôts de paraffine.

Défauts associés au circuit d'alimentation électrique

- Vérifier l'état des connexions électriques et des connexions à la masse
- Vérifier l'électrovanne d'arrêt.
- Vérifier l'état de charge de la batterie.
- Vérifier si le démarreur tourne à une vitesse suffisante et de manière régulière.
- Vérifier le fonctionnement de l'installation de préchauffage.
- Vérifier l'état et le modèle des bougies de préchauffage.
- Vérifier le bon fonctionnement du préchauffage de carburant (s'il y en a un).
- Vérifier le fonctionnement du réglage du régime à froid et du réglage sous charge partielle.
- Vérifier l'appareil de commande EDC (codes d'erreur).

1.2.5.2. Vérification rapide du système d'injection électronique

Sur les régulations diesel électroniques, le diagnostic n'est en rien devenu plus simple. Procéder logiquement lors de la recherche du défaut est donc encore plus important que précédemment. Les schémas de travail représentés ci-dessous fourniront une aide appropriée pour respecter les nouvelles spécifications.

Plan de vérification des pompes d'injection Bosch VP 36

Plainte: Pas de carburant aux injecteurs.

Condition: L'alimentation en carburant est en ordre jusqu'à la pompe d'injection.

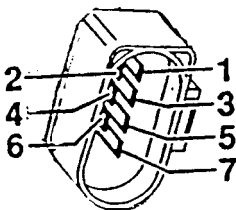
Causes possibles :

- électrovanne d'arrêt
- Antivol
- Appareil de commande EDC
- Réglage de quantité sur alimentation nulle
- Défaillance de la sonde de position du régulateur

Contrôles:

- Vérifier le fonctionnement du témoin de contrôle de l'EDC.
- **Vérifier le fonctionnement de la lampe témoin de l'antivol (s'il y en a un).**
- Vérifier la tension d'alimentation et le fonctionnement de l'électrovanne d'arrêt.
- Vérifier le fonctionnement du régulateur de débit.
 - Résistance de la bobine 0,5 - 2,5 Ω entre broches 5 et 6 du régulateur de débit.
 - Contact mis, vérifier si la tension d'alimentation > 12 V sur la broche 5.
 - Débrancher le connecteur : relier la broche 5 au positif et la broche 6 brièvement à la masse.
- Vérifier le fonctionnement du capteur de position du régulateur.
 - Vérifier la résistance : 5 - 7 Ω sur la bobine primaire (broches 1 et 2) et la bobine secondaire (broches 2 et 3).
 - Contact mis, vérifier la présence d'une fréquence de 10 kHz sur les broches 1 et 3 (par rapport à la masse).
- Vérifier l'appareil de commande EDC et l'antivol.
 - Vérifier la tension d'alimentation des appareils de commande (ne pas oublier les connexions à la masse !).

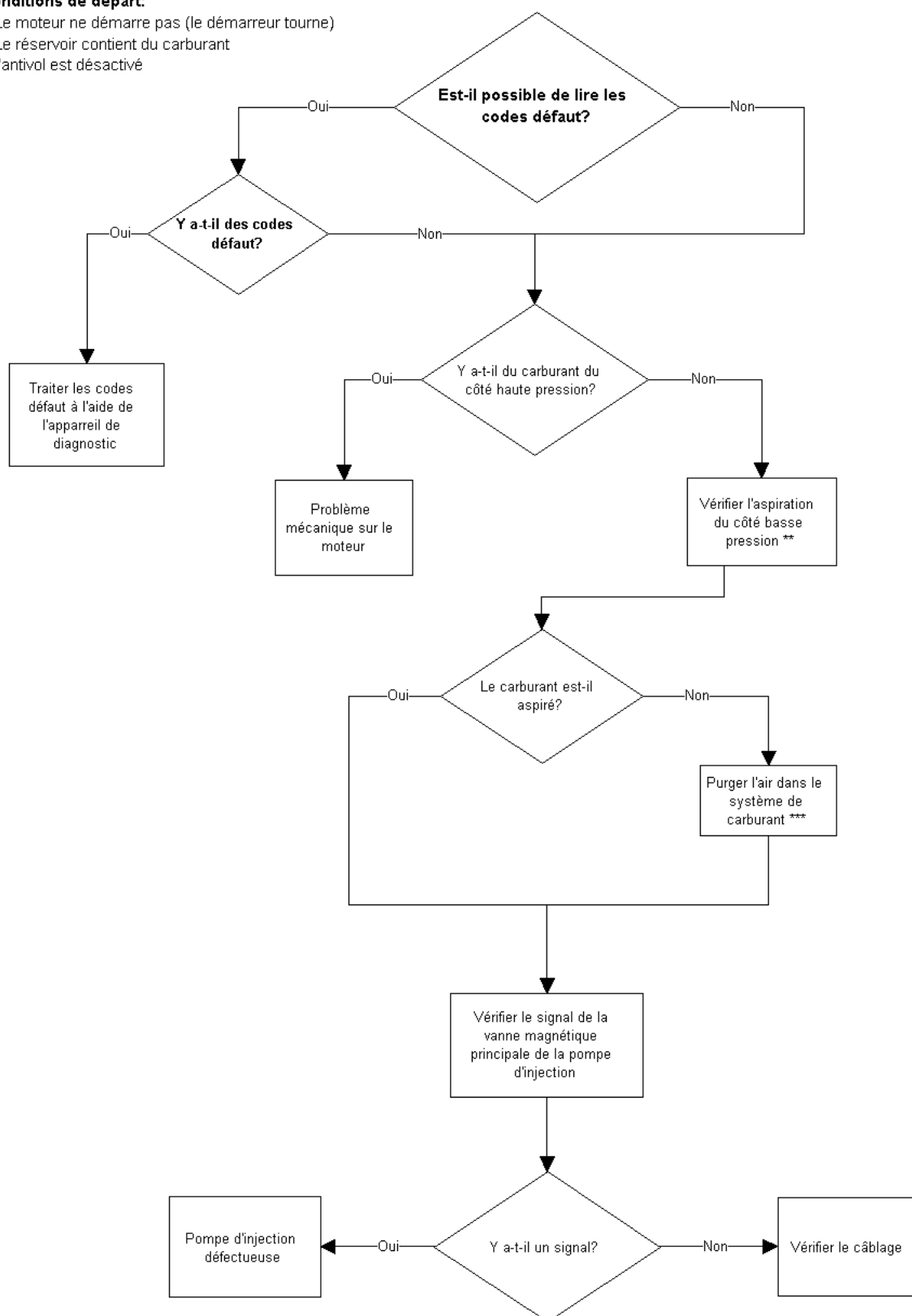
Fiche de raccordement : VW



Programme de vérification des pompes d'injection Bosch VP 30 / VP 44

Conditions de départ:

- Le moteur ne démarre pas (le démarreur tourne)
- Le réservoir contient du carburant
- L'antivol est désactivé



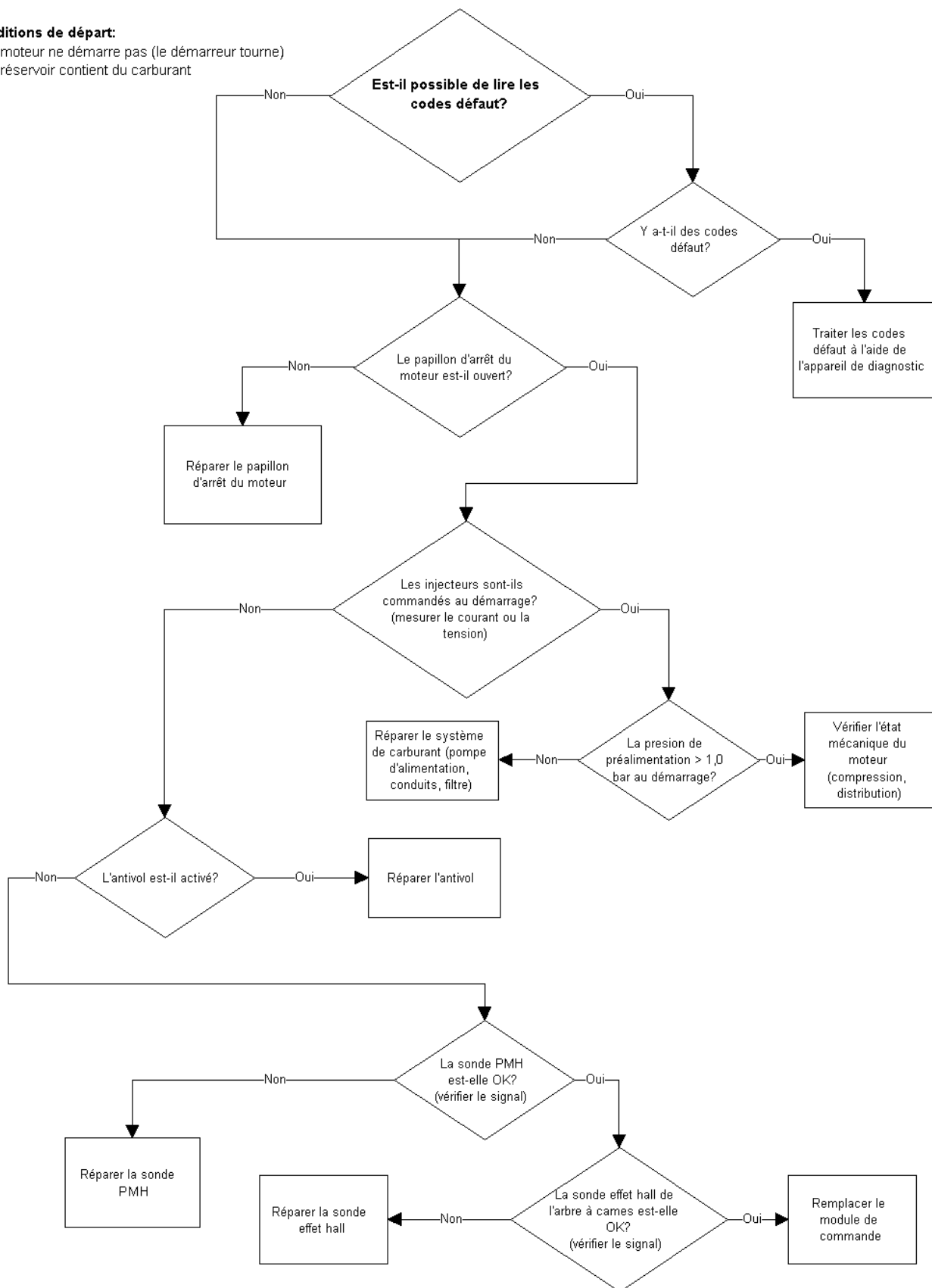
** -Raccorder un réservoir de carburant séparé au côté aspiration de la pompe d'injection à l'aide d'un flexible transparent.

***-Raccorder une pompe à dépression à la sortie de la pompe d'injection et aspirer le carburant jusqu'à ce que le carburant ne présente plus de bulles.

Programme de vérification du système d'injecteurs-pompes Bosch

Conditions de départ:

- Le moteur ne démarre pas (le démarreur tourne)
- Le réservoir contient du carburant



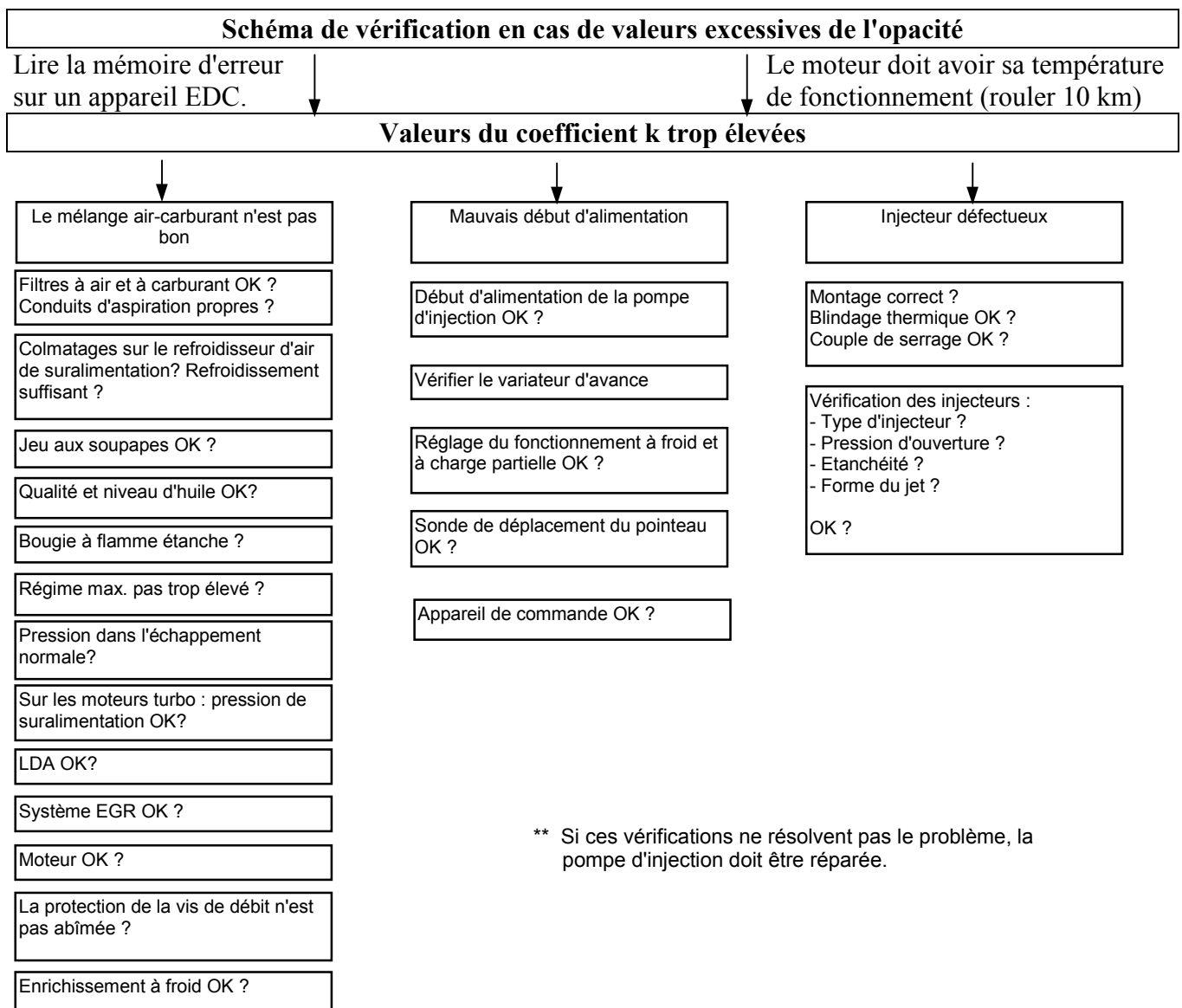
1.2.5.3. Vérification des gaz d'échappement

L'Union européenne a décidé une vérification des gaz d'échappement des moteurs diesel à partir du 1^{er} janvier 1996. Le test prévoit une mesure sur les gaz d'échappement pendant une accélération libre du moteur. Les valeurs maximales mesurées ne peuvent pas dépasser celle de la norme européenne 72/306EG.

Si l'on ne dispose pas des données du fabricant, les valeurs limites imposées par la loi sont les suivantes :

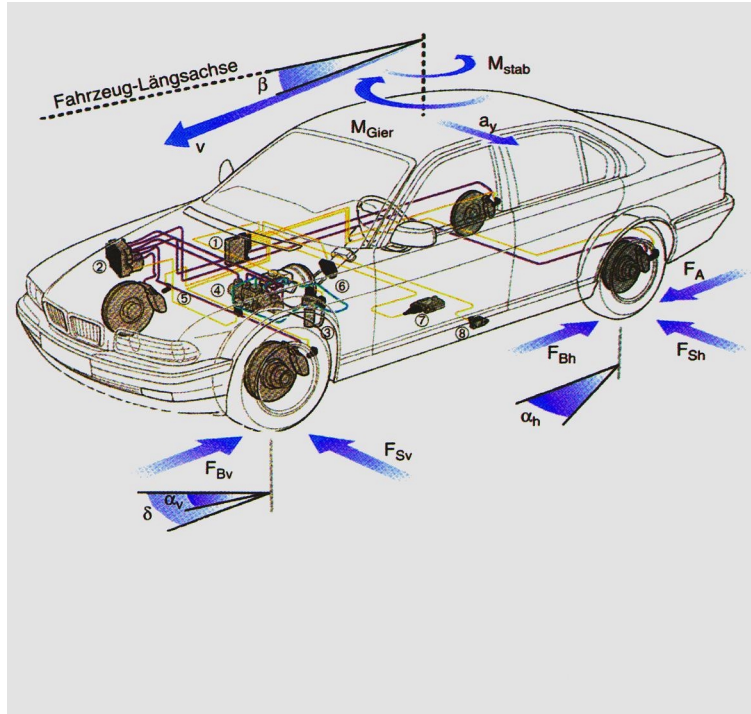
- **2,5 K m⁻¹ pour les moteurs atmosphériques**
- **3,0 K m⁻¹ pour les moteurs suralimentés**

La mesure des gaz d'échappement ne donne aucune indication sur les causes possibles des défauts. Une valeur d'opacité trop élevée peut avoir plusieurs causes : mauvaise combustion, forte consommation d'huile ou teneur élevée en vapeur d'eau dans l'échappement, mauvais fonctionnement du système EGR, etc.



2. Dynamique du véhicule

Sous le terme de dynamique du véhicule, on rassemble les systèmes ci-dessous, de régulation électronique de la dynamique du véhicule, dont le rôle est de stabiliser le véhicule et de rendre ainsi la conduite plus sûre.



M_{Gier} = Couple de lacet

M_{Stab} = Couple de stabilisation

V = Vitesse du véhicule

F_A = Force de traction

F_{Bh} = Force de freinage arrière

F_{Sh} = Guidage latéral arrière

α_h = Angle de dérive arrière

α_v = Angle de dérive avant

δ = Angle de braquage

F_{Sv} = Guidage latéral avant

F_{Bv} = Force de freinage avant

ABS => Système anti-blocage

ABV => Régulation automatique de la répartition de la force de freinage

ASR => Régulation anti-patinage

ESP => Programme électronique de stabilité

MSR => Régulation du couple de patinage du moteur

Système anti-blocage (ABS, ABV)

- Empêche le blocage des roues lors du freinage et garantit ainsi le guidage latéral et une fiabilité de conduite maximale, qui sont à la base de tous les systèmes de contrôle de la dynamique.

Régulation du patinage en accélération (TCS, ASR, ASC)

- Empêche le patinage indésirable des roues dans la direction longitudinale, mais, contrairement à l'ABS, il agit lors de l'accélération.
- Pour réduire le couple de traction, les freins sont activés en plus de l'action sur le moteur.

Blocage électronique du différentiel (BTCS, EDS, ETS)

- Action contrôlée des freins sur les roues motrices, qui crée l'effet d'un blocage du différentiel.
- Est utilisé comme aide au démarrage jusqu'à 40 km/h.

Répartition électronique de la force de freinage (EBD, ABV, EBv)

- Tient compte de la répartition dynamique de la charge entre les essieux lors du freinage et déplace de manière correspondante une partie de la force de freinage sur l'essieu avant ou arrière. Cela permet de supprimer le répartiteur de la force de freinage en fonction de la charge ou la soupape de réduction de pression.

Programme électronique de stabilisation (ESP, FDR, VSC, DSC3, PSM, DSTC)

- Tous les systèmes sont basés sur le même principe de base : le freinage sur une seule roue, activé dans le sens d'une action de correction de la course, est basé sur une régulation du couple de lacet qui coopère avec l'ABS et l'ASR.

Régulation du couple de blocage du moteur (MSR)

- Empêche que les roues motrices soient bloquées par le moteur à cause du freinage lorsque la pédale d'accélération est brusquement relâchée ou que l'on effectue un freinage avec un rapport de vitesse engagé

2.1. Système anti-blocage

2.1.1. Bases de la régulation ABS

Lorsque l'on freine brusquement ou trop fortement sur une chaussée glissante (route mouillée ou enneigée), les roues ont tendance à se bloquer.

- Si les roues arrière se bloquent, l'arrière de la voiture part latéralement de manière incontrôlée.
- Si les roues avant se bloquent, on perd la maîtrise de la conduite.

Si les roues arrière se bloquent, la voiture devient incontrôlable.
Un phénomène physique bien connu.



L'ABS empêche le blocage des roues lors du freinage. On obtient les avantages suivants:

- Les forces de guidage latéral et la stabilité directionnelle sont conservées, ce qui retarde le dérapage.
- Le véhicule reste contrôlable, ce qui permet d'éviter les obstacles.
- Si l'on freine à fond, on obtient le parcours de freinage le plus court - sauf sur terrain caillouteux.
- L'usure des pneus reste minime et on ne constate aucun "méplat de freinage".

2.1.2. Types de systèmes ABS

ABS mécanique

- Deux unités de régulation entraînées par des courroies crantées commandent la pression de freinage sur les roues avant.

ABS intégré

- Dans le système intégré, seuls les freins de roue sont repris d'un système classique de freinage.
- L'unité hydraulique comprend le maître-cylindre tandem et un amplificateur hydraulique de force de freinage en plus des éléments de la fonction ABS.

ABS de type "Add on" ou réparti

- Dans ces systèmes, une unité hydraulique de commande ABS est insérée dans le système hydraulique de freinage entre le maître cylindre-tandem et les freins de roue.

2.1.3. Classement des systèmes ABS suivant le principe hydraulique

Système ouvert

Le liquide de freins évacué des freins de roue retourne dans le réservoir. Pour que la pression revienne sur les freins de roue, le liquide de freins peut être renvoyé dans le circuit de freinage soit par une pompe de renvoi soit dynamiquement depuis un réservoir sous haute pression.

Système fermé

Le liquide de freins évacué des freins de roue se rend dans un accumulateur basse pression. De là, il est immédiatement renvoyé dans le circuit de freinage par une pompe de renvoi.

2.1.4. Le processus de régulation

Un cycle de régulation ABS est constitué de trois phases : maintien de la pression, diminution de la pression et rétablissement de la pression.

Phase 1: Maintien de la pression

Si une sonde de vitesse de rotation signale un fort ralentissement des roues, il existe une tendance au blocage. Tout d'abord, la pression de freinage sur cette roue est limitée au niveau déjà atteint; elle ne peut plus augmenter.

Phase 2: Diminution de la pression

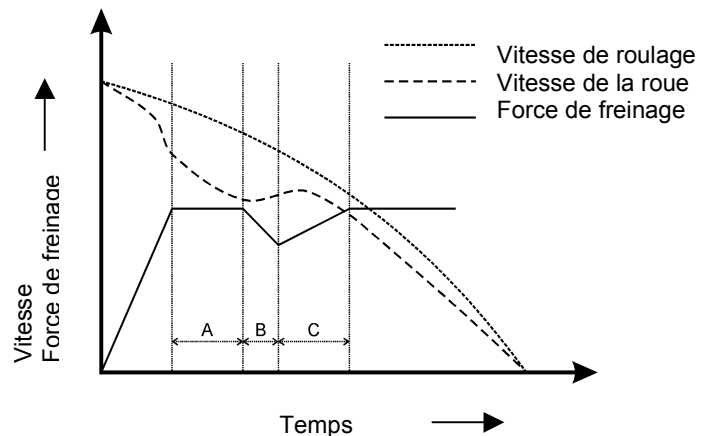
Si, malgré cela, le ralentissement de la roue se poursuit, la pression de freinage est diminuée, ce qui permet à la roue de recommencer à tourner à la vitesse du véhicule.

Phase 3: Rétablissement de la pression

Comme la pression de freinage est moins forte, la rotation de la roue accélère. Lorsqu'une certaine valeur limite de vitesse de rotation est atteinte, la pression est de nouveau augmentée. Ce rétablissement de la pression ralentit de nouveau la roue.

Suivant la nature de la chaussée, environ 5 à 12 cycles de régulation se déroulent par seconde.

- A = Maintien de la pression
- B = Diminution de la pression
- C = Rétablissement de la pression



2.1.5. Différents types de systèmes ABS

En fonction du principe de régulation fondamental, les systèmes anti-blocage sont rassemblés en différents groupes:

Système à 2 canaux

Dans le système à 2 canaux, un canal de régulation dessert les freins des roues avant gauche et arrière droite, et le deuxième canal de régulation dessert les freins des roues avant droite et arrière gauche.

Système à 3 canaux

Dans le système à 3 canaux, les roues avant sont régulées indépendamment l'une de l'autre par deux canaux, tandis que les roues de l'essieu arrière sont régulées ensemble par le troisième canal.

Système à 4 canaux

Dans le système à 4 canaux, les quatre roues sont toutes régulées indépendamment l'une de l'autre.

2.1.6. Types de régulation

En fonction des comportements dynamiques des différents types de véhicule, il faut différents types de régulation.

Régulation "Select-Low"

La roue qui présente une tendance au blocage déclenche la régulation de freinage. La roue opposée reçoit la même pression de freinage même si elle ne présente pas de tendance au blocage. Ce type de régulation garantit une force de guidage latéral élevée et empêche que l'action de freinage soit exercée d'un seul côté de l'essieu.

Régulation individuelle

Les deux roues d'un essieu sont régulées de façon entièrement indépendante l'une de l'autre. L'action de freinage sur chaque roue est ainsi réglée en fonction des conditions mécaniques existantes, de telle sorte que ces dernières puissent être utilisées au maximum. Ce type de régulation garantit l'action de freinage maximale possible quel que soit l'état de la chaussée. Sur des routes glissantes d'un seul côté, on constate un effet de freinage unilatéral que le conducteur doit compenser par un contre-braquage.

2.1.7. Glissement au freinage

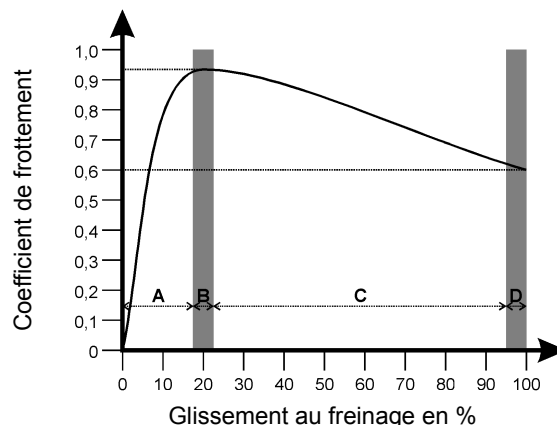
Lors du freinage, la roue du véhicule tourne plus lentement que la vitesse du véhicule. Ce phénomène, appelé glissement, est indiqué en pourcentage.

- 0 % de glissement signifie une roue tournant librement.
- 100 % de glissement signifie une roue bloquée.

2.1.8. Plage de travail de l'ABS

La plage de travail de l'ABS commence un peu avant le maximum de la force de freinage et se termine au maximum, avec ensuite une zone instable dans laquelle aucune régulation n'est plus possible. Des recherches ont démontré qu'en fonction de la valeur du frottement entre les pneus et la chaussée, on peut exercer les meilleures forces de freinage avec un glissement de 20 à 30 %. C'est dans cette plage que travaille le système anti-blocage.

- A = Plage stable
B = Plage critique
C = Plage instable
D = Blocage



2.1.9. Les composants individuels et leur fonction

Capteur de vitesse de rotation de roue

Mesure la vitesse de rotation de la roue. On utilise des détecteurs à induction qui créent une tension alternative qui découle de la modification du flux d'un champ magnétique, et dont la fréquence (le signal électrique) est proportionnelle à la vitesse de rotation (voir également "capteurs et actionneurs").

Avec l'ASR et l'ESP, les exigences en matière de précision de la détection de la vitesse de rotation de la roue ont augmenté. A des vitesses inférieures à 7 km/h, les capteurs à induction se heurtent à des limites. Les plus récents capteurs de vitesse reposent sur le principe de l'effet Hall et devraient supprimer ces faiblesses. Ces capteurs délivrent un signal rectangulaire d'amplitude constante. L'émetteur d'impulsions est incorporé dans une mince plaque estampée qui est intégrée au joint d'étanchéité du roulement de roue de manière à être protégé de la corrosion.

Appareil de commande

Détecte les signaux des sondes de vitesse de rotation des roues et commande l'unité hydraulique pour agir sur la pression de freinage.

Lampe témoin

S'allume dès que le circuit de sécurité est activé, pour indiquer au conducteur que l'ABS ne fonctionne pas.

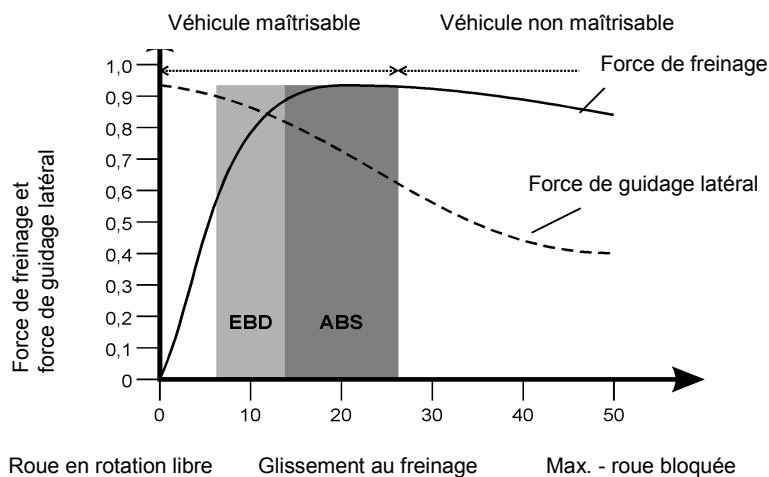
Unité hydraulique

Reçoit le signal de régulation émis par l'appareil de commande pour augmenter, diminuer ou maintenir constante la pression de freinage par l'intermédiaire d'électrovannes.

2.2. Répartition électronique de la force de freinage

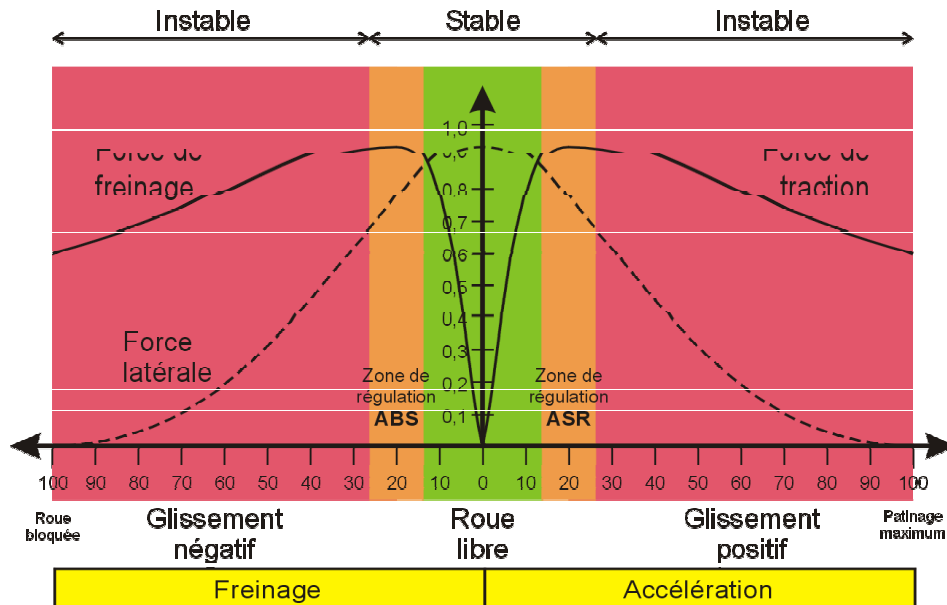
Le recours aux composants ABS de répartition de la force de freinage (EBD) rend inutile l'utilisation d'un régulateur de force de freinage ou d'une soupape de diminution de pression sur l'essieu arrière.

- L'EBD peut déjà être utilisé pour de légères actions de freinage, en particulier dans des courbes
- L'appareil de commande ABS détecte la vitesse instantanée des roues.
- Si le patinage des roues arrière est trop important, la pression de freinage est régulée de manière à ce qu'elles ne puissent être freinées trop fort.
- La régulation EBD assure ainsi des forces de guidage latéral élevées et une bonne répartition de la force de freinage.
- La plage de travail de l'EBD se termine lorsque la régulation ABS commence à travailler, c'est-à-dire lorsqu'une tendance au blocage est détectée sur une roue.



2.3. Régulation du patinage

La régulation du patinage empêche que les roues motrices patinent lors du démarrage et de l'accélération. Ainsi, la régulation du patinage assure les mêmes fonctions à l'accélération que l'ABS au freinage. La régulation du patinage coopère avec le système ABS.



Parmi les systèmes de régulation du patinage, il faut distinguer deux variantes:

Régulation du patinage avec action sur les freins et sur le moteur (par exemple: TCS - Traction Control System)

Le système est actif dans toute la plage de vitesse et agit sur la gestion des freins et/ou du moteur. Une pression de freinage peut être établie sans actionner la pédale de frein. Le système ne peut agir sur les freins de roue pendant une durée illimitée, et pour cette raison, l'action sur les freins est adaptée aux capacités de l'installation de freinage.

Pour réduire autant que possible la sollicitation des freins, le système réduit également le couple du moteur jusqu'à ce que l'on atteigne la meilleure utilisation possible de l'adhérence pour la traction sans agir sur les freins.

Régulation du patinage avec action sur les freins (par exemple: BTCS - Brake Traction Control System)

Ce système agit uniquement par une action automatique sur les freins. Par un freinage contrôlé, les roues motrices en patinage sont maintenues dans la plage de vitesse de rotation qui correspond à une traction optimale. Il faut tenir compte du fait que l'action sur les freins n'est pas exercée en permanence. Le système travaille par exemple jusqu'à une vitesse d'environ 40 km/h, et il régule donc essentiellement la phase du démarrage.

Les avantages de la régulation du patinage sont les suivants:

- Maintien de la stabilité de roulage pour des véhicules à traction arrière ou de la tenue de route des véhicules à traction avant.
- Fonction de blocage du différentiel sur les véhicules à traction avant.
- Augmentation des forces de traction.
- Avertissement avant que les limites physiques de stabilité soient atteintes, par un témoin d'avertissement.
- Réduction de l'usure des pneus.

2.4. Programme électronique de stabilité

Pour empêcher une embardée, un système dynamique de conduite tel que l'ESP doit pouvoir agir sur les freins en une fraction de seconde. L'établissement de la pression est obtenu par la pompe de renvoi de l'ABS. Pour augmenter la capacité de la pompe, il faut une pression suffisante du côté aspiration de la pompe.

C'est dans la création de cette pression que se situe la différence fondamentale entre les systèmes de **BOSCH** et d'**ITT Automotive**.

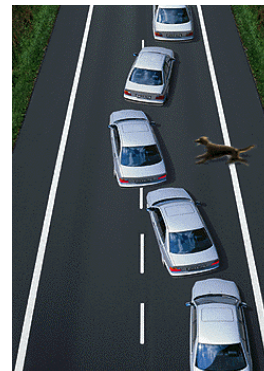
- Chez Bosch, la pression est créée par une pompe de pré-charge.
- Chez ITT, la pression est établie par un amplificateur de freinage actif, qui est également appelé "booster".

2.4.1. ESP en cas d'une manœuvre brusque d'évitement

- Un brusque changement de direction pose au train de roulement d'une voiture les problèmes les plus difficiles, même en cas de freinage à fond avec ABS.
- Souvent, le déplacement brutal du volant vers la gauche ou vers la droite ne peut être contrôlé que par un conducteur de grande expérience.

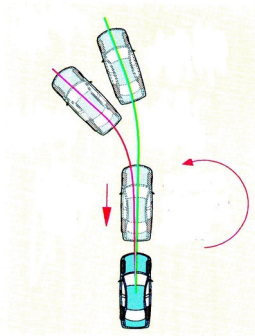


- L'ABS avec ESP réduit les conséquences de réactions de panique.
- Lors d'une sollicitation importante, le véhicule est stabilisé même en cas de changement de direction brutal.
- Le système détecte un survirage ou un sous-virage et l'installation ABS/ESP maintient le véhicule sur sa trajectoire.



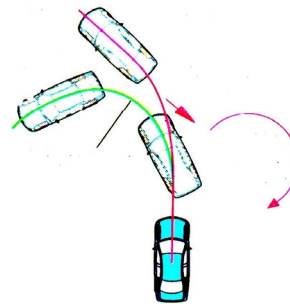
2.4.2. ESP en cas de sous-virage et de sur-virage

Sous-virage



- L'avant de la voiture s'appuie sur la roue située à l'extérieur de la courbe
- L'ESP actionne le frein de la roue arrière gauche
- Le véhicule "tire" vers la gauche (de façon contrôlée)

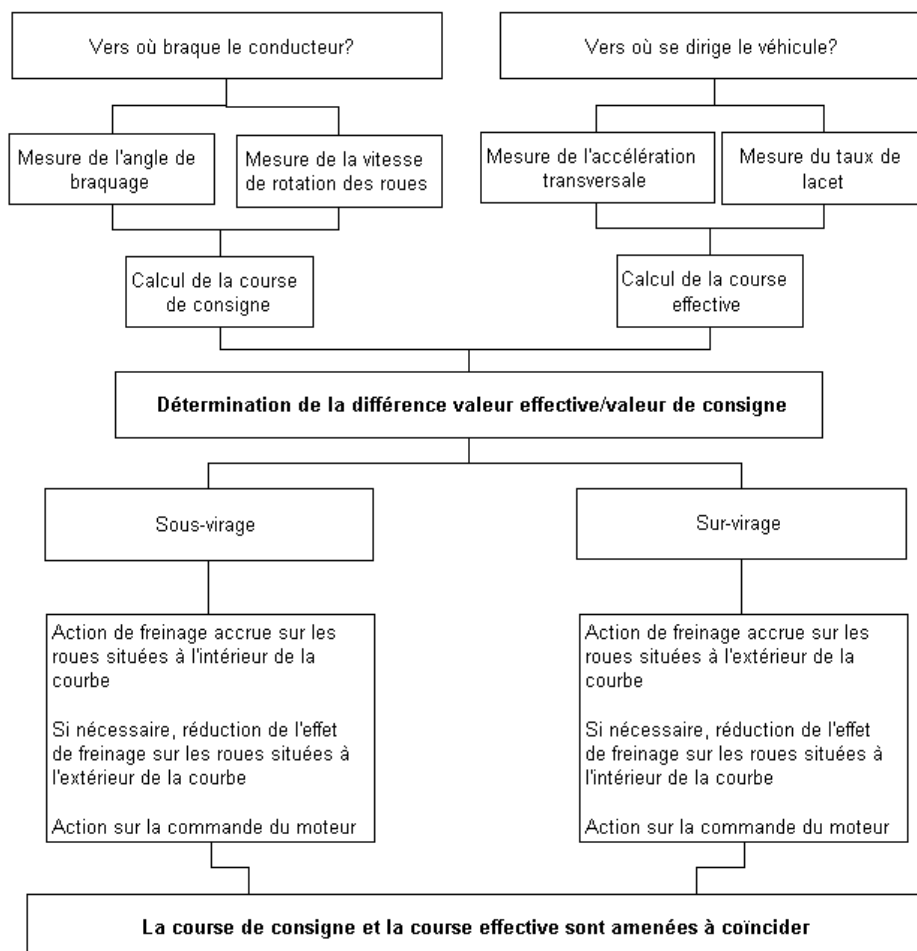
Survirage



- L'arrière s'appuie sur la roue située à l'extérieur de la courbe
- L'ESP actionne le frein de la roue avant droite
- Le véhicule "tire" vers la droite (de manière contrôlée)

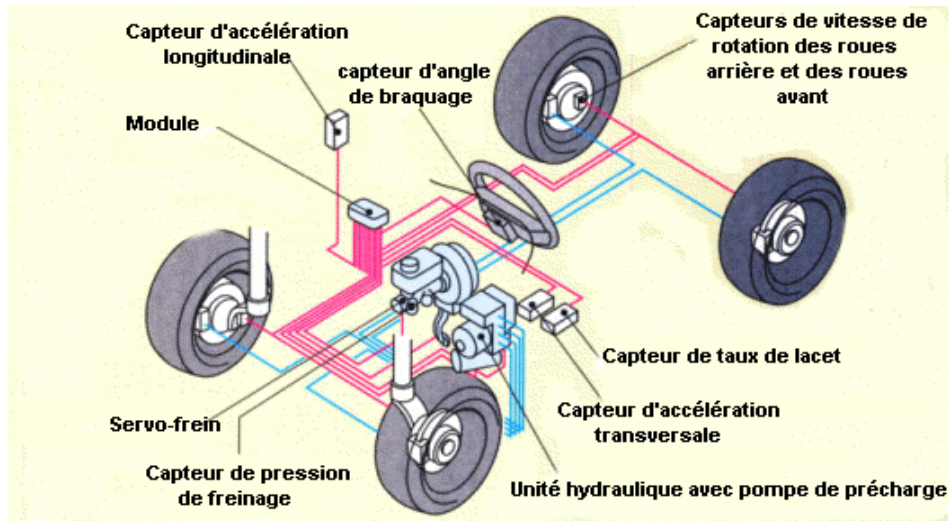
L'ESP a nettement réduit les exigences imposées au conducteur. Cependant, l'ESP ne permet évidemment pas de dépasser les limites physiques. Comme toujours, la physique a ses limites.

2.4.3 Boucle de régulation de l'ESP

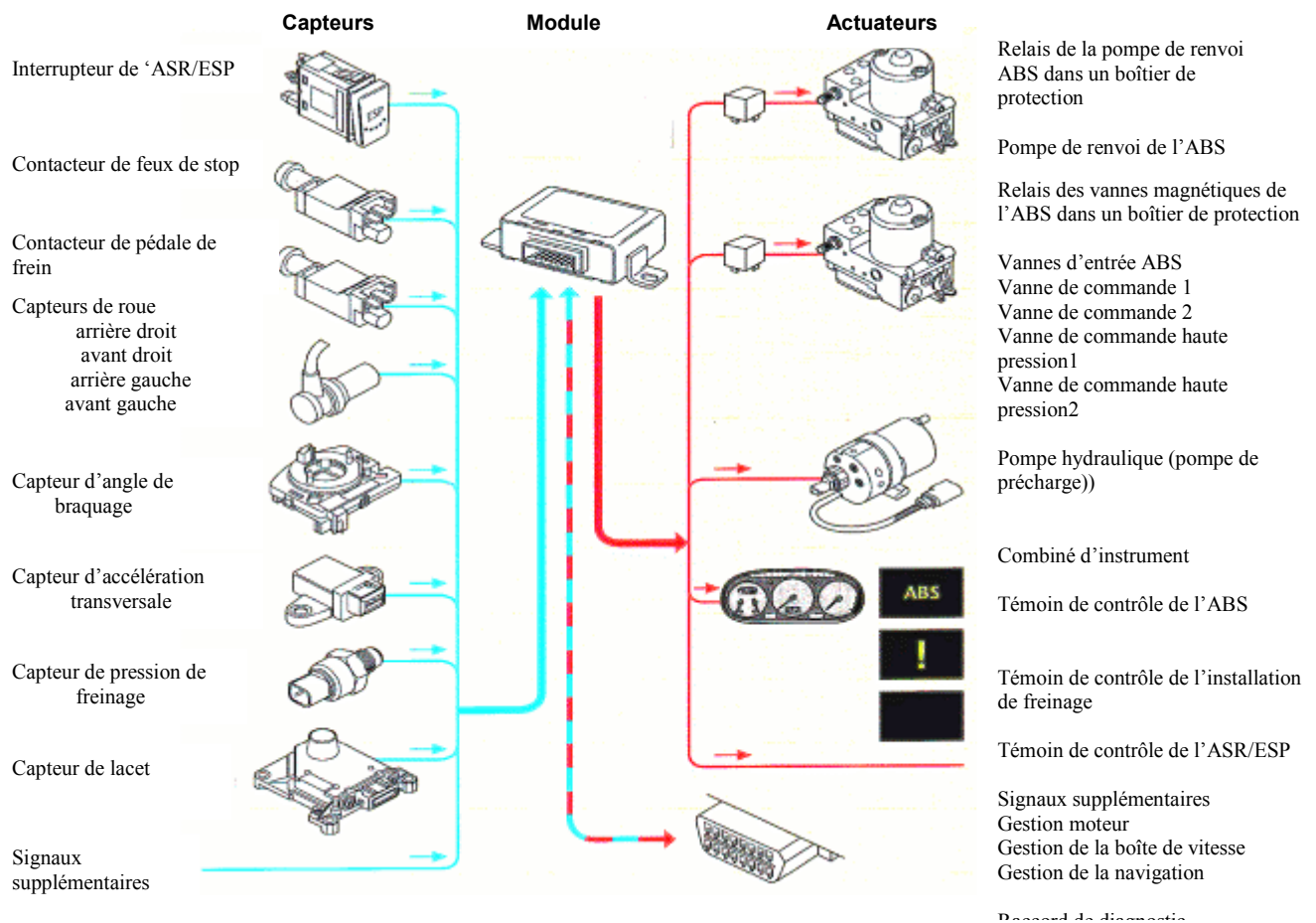


2.4.4. Les composants individuels et leur fonction

2.4.4.1. Les composants essentiels



2.4.4.2. Aperçu du système avec ses capteurs, le traitement et les actuateurs



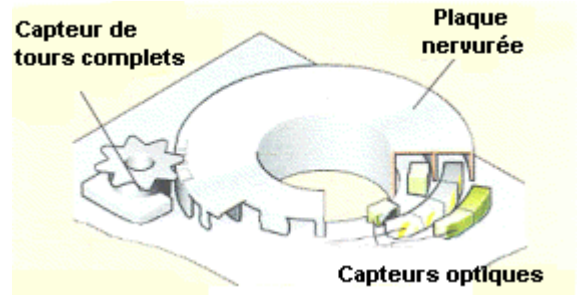
2.4.4.3. Quelques capteurs

Aux capteurs ABS connus s'ajoutent essentiellement les détecteurs suivants:

Capteur d'angle de braquage

Le détecteur transmet l'angle de braquage du volant à l'appareil de commande

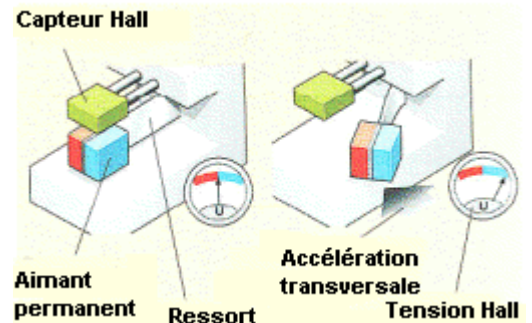
=> max. $\pm 720^\circ \equiv$ quatre tours complets du volant



Mesure de l'angle selon le principe de la barrière lumineuse

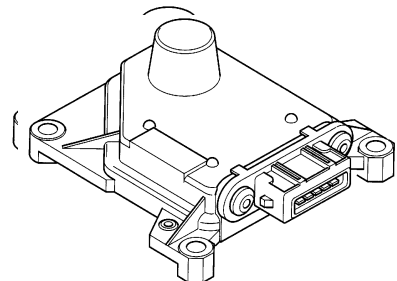
Capteur d'accélération transversale

Le détecteur détermine si, et dans quelle mesure, des forces latérales (par exemple vent latéral ou courbe) amènent le véhicule à sortir du parcours prévu. Ce capteur effectue sa mesure dans une plage de $+ 1,7\text{ g}$ à $- 1,7\text{ g}$ ($1\text{g} = 9,81\text{ m/s}^2$)



Détecteur de taux de rotation

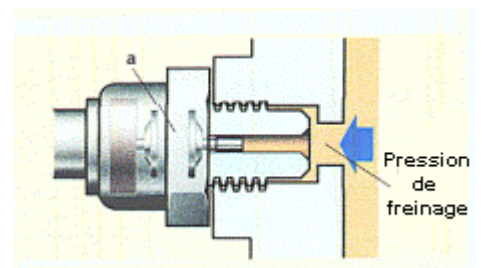
Le capteur d'angle de rotation détermine si le véhicule subit des déplacements de rotation autour de son axe principal. On parle de mesure de l'angle de rotation ou de lacet.



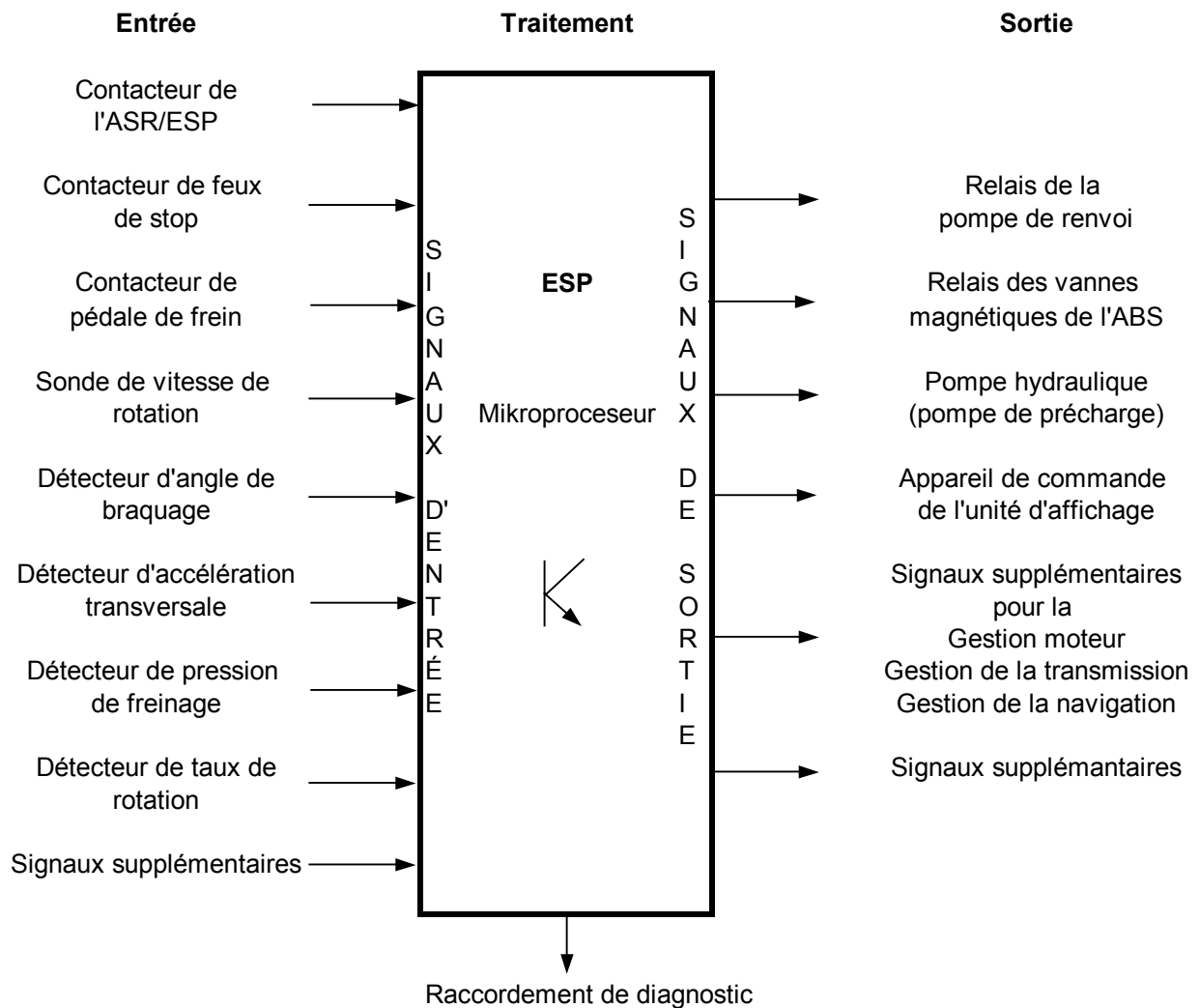
Détecteur de pression de freinage

Le régulateur de pression de freinage transmet à l'appareil de commande la pression effective qui règne dans le système de freinage. A partir de là, l'appareil de commande calcule les forces de freinage sur les roues et donc les forces longitudinales qui agissent sur le véhicule. Si l'ESP doit intervenir, l'appareil de commande se réfère à cette valeur pour calculer les forces de guidage latéral.

Le détecteur est vissé dans la pompe hydraulique de la régulation de la dynamique du roulage. Ce détecteur est un détecteur capacitif dans lequel la distance a entre deux plaques varie en fonction de la pression qui règne.



2.4.5. Signaux d'entrée et de sortie

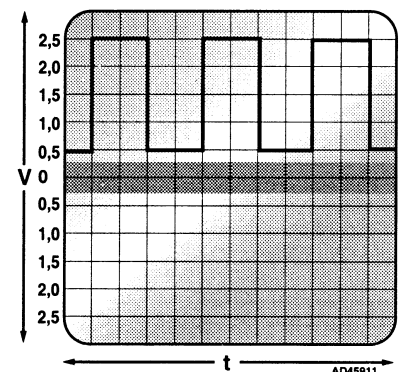


2.5. Diagnostic, suppression des pannes, instructions pour l'atelier

- Les pannes du système ABS sont signalées par l'allumage du témoin de contrôle de l'ABS. L'ABS ne fonctionne alors plus. Pour l'analyse des pannes, il faut un testeur de système.
- Comment contrôler les capteurs de vitesse de rotation des roues?

Capteurs actifs (branchés) de vitesse de rotation des roues

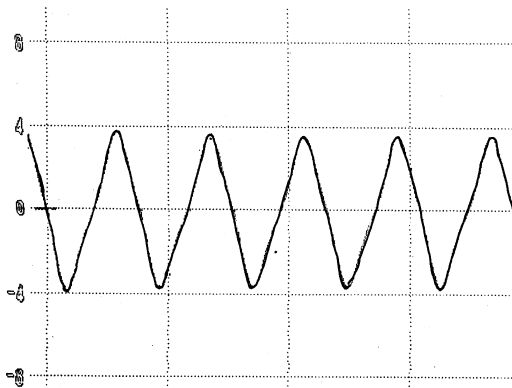
- Tension de sortie : par exemple BMW série 5 entre 0,5 V et 2,5 V (sinon: voir les données du fabricant)
- Mesurer la résistance, par exemple: BMW série 5 2500 Ω à 4500 Ω
- Vérifier la tension d'alimentation conformément aux données du fabricant (la plupart du temps, elle se situe dans la plage de la tension de batterie).



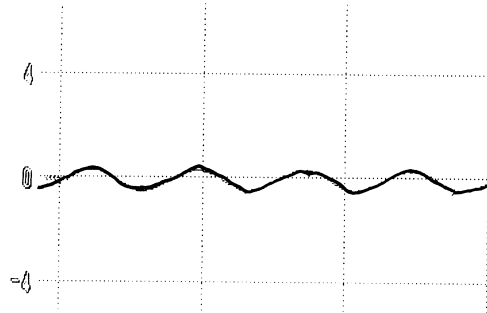
Capteur inductif

➤ *Ecart capteur-rotor*

Lorsque l'écart capteur-rotor est plus grand que l'écart prescrit, la tension de sortie diminue. Si l'on descend sous l'écart prescrit, les dents du rotor viennent buter contre le capteur.



Ecart correct par rapport au rotor



Capteur trop écarté

➤ *Copeaux d'acier sur le capteur*

Comme le capteur est réalisé en un matériau magnétique, il attire facilement la limaille d'acier qui provient des copeaux d'acier arraché aux disques de frein. Si un trop grand nombre de particules d'acier se sont déposées sur le capteur, le signal de sortie du détecteur de vitesse de rotation est perturbé.

➤ *Jeu trop important dans les roulements de roue*

Un jeu très important dans les roulements de roue peut provoquer un signal défectueux.

- Ne brancher ou débrancher la fiche des appareils de commande ABS qu'après avoir débranché le contact.
- De nombreuses pannes d'ABS ne sont détectées qu'à partir d'une vitesse minimale de 12 km/h.

2.6. Instructions pratiques de travail

Vérification des capteurs inductifs

Vérification à l'oscilloscope

Pour des capteurs de roue inductifs, débrancher la fiche de connexion du capteur et la raccorder à l'oscilloscope. Le véhicule étant sur le pont, faire tourner la roue concernée à la main. Si le capteur de vitesse de rotation fonctionne correctement, on doit voir un signal de tension alternative net sur l'écran (voir paragraphe 2.5).

Vérification de la tension

Le véhicule étant sur le pont, mesurer avec un voltmètre (réglé sur tension alternative) au niveau du connecteur du module ABS (côté câblage) => faire tourner la roue à environ 60 tours/min.

Brancher préalablement le contact. On doit constater une tension qui correspond aux indications du fabricant (par exemple : Citroën Xantia 0,3 V ~).

Vérification de la résistance

Mesurer la résistance entre les bornes côté câblage du connecteur multiple du module ABS: environ 1000 Ω. Si cette valeur n'est pas atteinte, il faut mesurer la résistance directement sur le capteur de roue. Si la valeur de la résistance est correcte, il faut vérifier les conducteurs. Si la valeur n'est pas correcte, remplacer le capteur.

Vérification de l'entrefer (voir également paragraphe 2.5)

On mesure l'entrefer entre une roue du rotor et le capteur. Il faut d'abord que cette dent et le capteur soient exactement l'un en face de l'autre.

Lors du réglage ou du remplacement du capteur, il faut absolument faire attention au couple de serrage nécessaire.

Vérification des capteurs de roue actifs

Dans leur nouveau modèle, ces capteurs de roue n'ont plus que deux raccordements.

Vérification de la résistance

Si la valeur de la résistance du capteur ne correspond pas aux données d'atelier, cela signifie que le capteur ou les conducteurs sont défectueux.

Vérification de la tension d'alimentation

Retirer la fiche multiple du capteur de vitesse de rotation de roue et mesurer la tension par rapport à la masse sur la borne correspondante. Si la valeur de consigne d'au moins 12 Volt n'est pas atteinte => vérification des conducteurs

Vérification de la tension de commutation

Faire tourner la roue lentement et mesurer la tension entre la borne d'essai (boîtier ou fiche) et la masse. Si la tension ne correspond pas à la valeur de consigne indiquée par le fabricant, il faut vérifier les conducteurs et le capteur, par exemple entre 0,8 V et 1,6 V.

Vérification à l'oscilloscope

Raccorder l'oscilloscope entre la borne d'essai (boîtier ou fiche) et la masse. Le véhicule étant sur pont et contact branché, faire tourner la roue à environ 60 tours/min et vérifier la tension ainsi que la forme du signal. Si la forme du signal ne correspond pas à l'image donnée dans le paragraphe 2.5 et si la tension ne correspond pas à celle donnée par le fabricant, il faut vérifier les conducteurs et le capteur de vitesse de rotation de roue.

3. Systèmes de confort

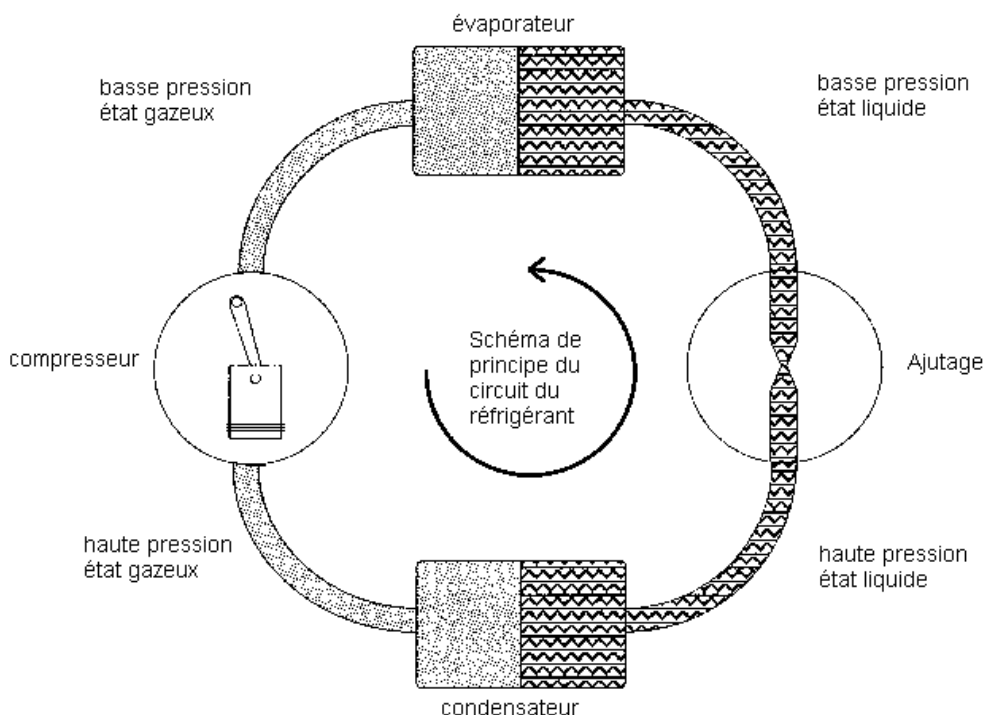
3.1. Conditionnement de l'air dans les véhicules

3.1.1. Le principe de base physique

Une installation destinée à la climatisation, c.à.d. au conditionnement de l'air, peut être comparée à un réfrigérateur, mais avec une efficacité et une puissance plus importantes. Dans le bloc de climatisation se trouve un évaporateur dans lequel un fluide réfrigérant s'évapore sous l'influence de la diminution de pression. La chaleur d'évaporation requise à cet effet sera extraite à l'environnement par le réfrigérant : la température de l'air dans le bloc de climatisation diminue donc. A l'extérieur du bloc de climatisation, on trouve le compresseur et le condenseur. Le compresseur produit tant la basse pression dans l'évaporateur que la surpression requise dans le condenseur. Cette surpression fait en sorte que le réfrigérant puisse se condenser dans le condenseur et que la chaleur de condensation puisse être transmise à température ambiante.

Dans le système de conditionnement d'air d'un véhicule, le condenseur se trouve tout à fait à l'avant du véhicule pour qu'il obtienne une quantité maximale d'air frais. Le compresseur qui est actionné par le moteur par le biais d'une courroie, aspire le réfrigérant qui provient de l'évaporateur, qui est frais, sous forme gazeuse et qui se trouve sous une pression faible. Le compresseur augmente la pression du réfrigérant, ce qui fait augmenter la température de celui-ci. Le réfrigérant chaud sous forme gazeuse qui est poussé en direction du condenseur, est refroidi par l'air extérieur qui passe sur le condenseur. A la sortie du condenseur, le réfrigérant sera passé à l'état liquide tout en cédant la chaleur. Le réfrigérant qui se dirige du condenseur à la valve d'expansion, est à l'état liquide et sous pression. A cet endroit, il se pulvérise et peut se détendre. De ce fait le réfrigérant s'évaporerait de nouveau entièrement, ce qui provoque un important refroidissement. De cette façon, le compresseur et la valve d'expansion séparent le circuit à basse pression de celui à haute pression. Dans un système de conditionnement de l'air, il circule en permanence environ un kilo de R134a. En comptant la quantité d'huile (entre 0,2 et 0,3 kilos), le compresseur pompera chaque heure une quantité égale à 200 fois la quantité maximale de réfrigérant à travers l'installation.

Circuit de réfrigérant avec ajutage



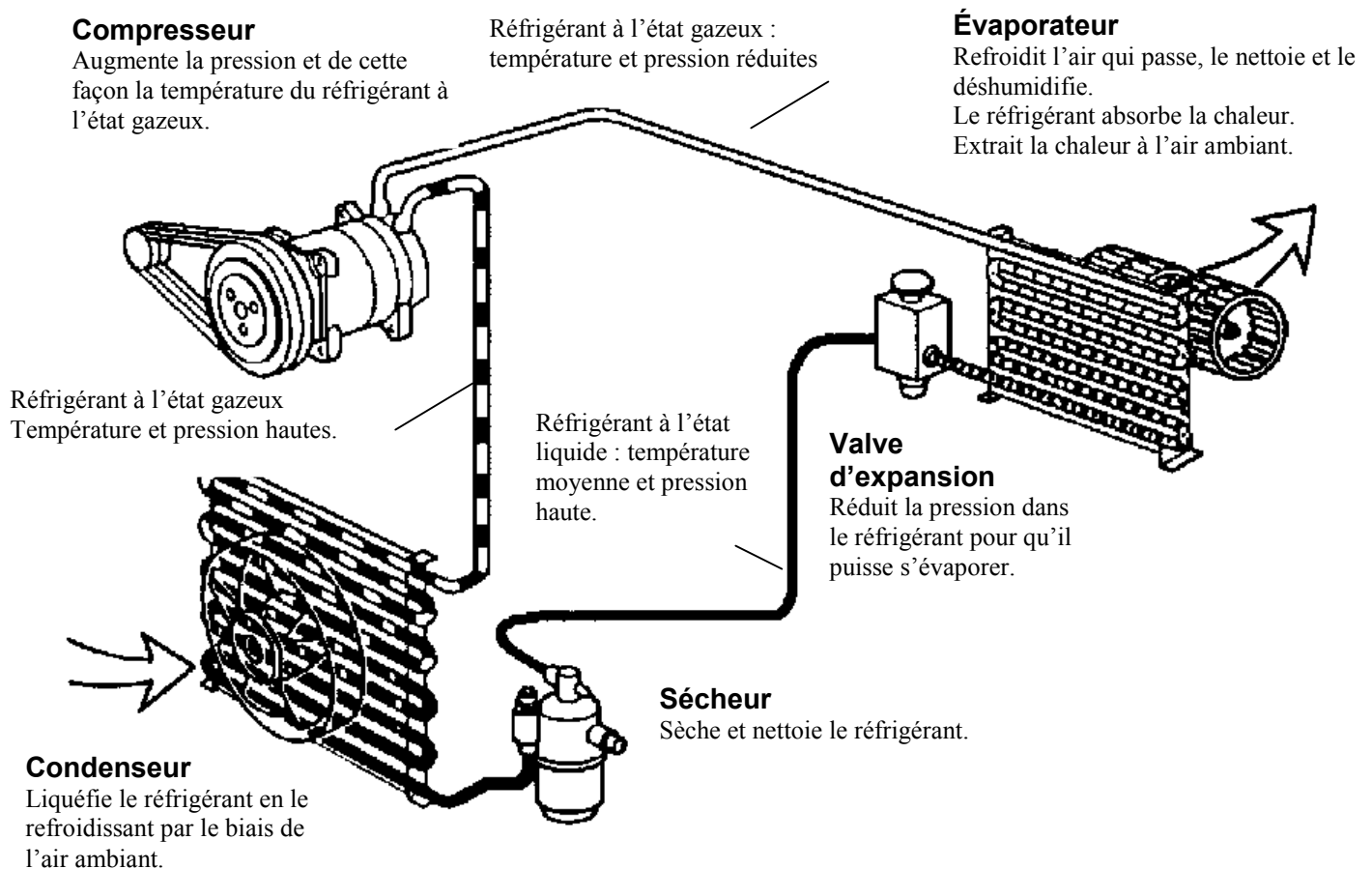
Le débit du réfrigérant est déterminé par la valve d'expansion ou bien, ces derniers temps, de plus en plus par un ajutage. Le réfrigérant qui circule dans l'évaporateur extrait la chaleur de l'air qui passe à travers les lamelles de l'évaporateur. Cet air refroidi est utilisé afin de conditionner l'intérieur du véhicule. En extrayant la chaleur, une partie de l'humidité de l'air se condense, ce qui fait diminuer l'humidité de l'air absolue dans le véhicule.

Outre l'eau de condensation, le système sépare également les particules de poussières fines ainsi que les pollens des fleurs. L'eau de condensation et les pollutions quelconques sont évacuées par le biais d'un canal d'évacuation. Il faut toujours éviter que l'eau de condensation puisse se congeler et ainsi "boucher" les lamelles de refroidissement. Ce risque est évité en réglant la pression du réfrigérant dans le circuit du réfrigérant.

3.1.1.1. Structure de principe d'un système de conditionnement d'air

L'image reprise ci-dessous contient toutes les parties d'un système de conditionnement d'air ainsi que leur aménagement.

Circuit de réfrigérant avec valve d'expansion



3.1.1.2. Conditionnement de température automatisé

Dans le cas d'un système de conditionnement d'air manuel, il faut soi-même régler la température et la ventilation, l'intensité de la ventilation et la répartition de l'air. Pour un système automatisé simple il faudra uniquement régler la température. Une installation automatique réglée sur la base de la



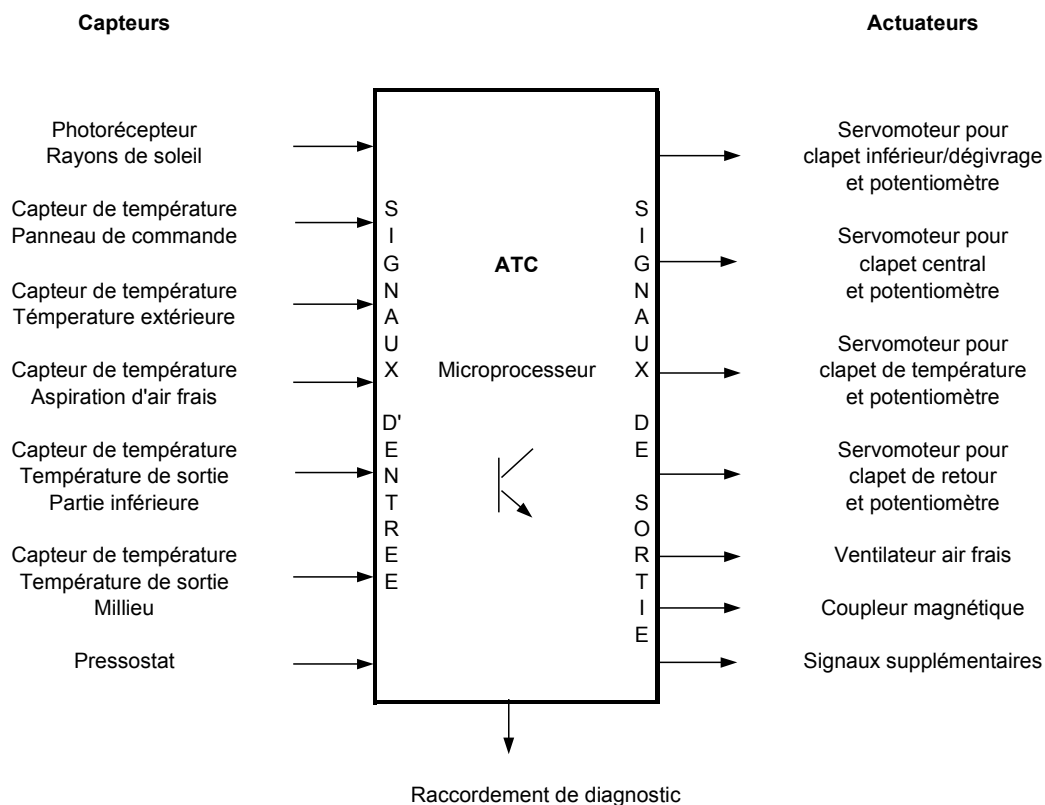
température fait en sorte que la température demandée soit maintenue en permanence. La ventilation et la répartition de l'air devront pourtant être adaptées aux conditions ambiantes ainsi qu'à la conduite du chauffeur.

Dans les installations de haute qualité la ventilation et la répartition de l'air seront automatiquement adaptées. Quelques-unes de ces installations disposent en outre d'un système de conditionnement d'air séparé pour le côté droit et le côté gauche du véhicule. Un écran d'affichage selon l'état opérationnel indique les températures souhaitées et la répartition de l'air.

Il est également possible d'avoir un conditionnement de la température de l'air spécifique pour chaque siège dans le véhicule. A cet effet, il faudra pourtant installer un deuxième système de conditionnement d'air à l'arrière du véhicule. La commande constitue le cœur de ce système automatisé de réglage de la température. Ici toutes les informations individuelles sont rassemblées et utilisées afin de déterminer le climat à bord du véhicule. Plusieurs capteurs de température à l'intérieur et à l'extérieur du véhicule ainsi qu'un détecteur optique qui mesure l'intensité des rayons solaires, fournissent les données requises.

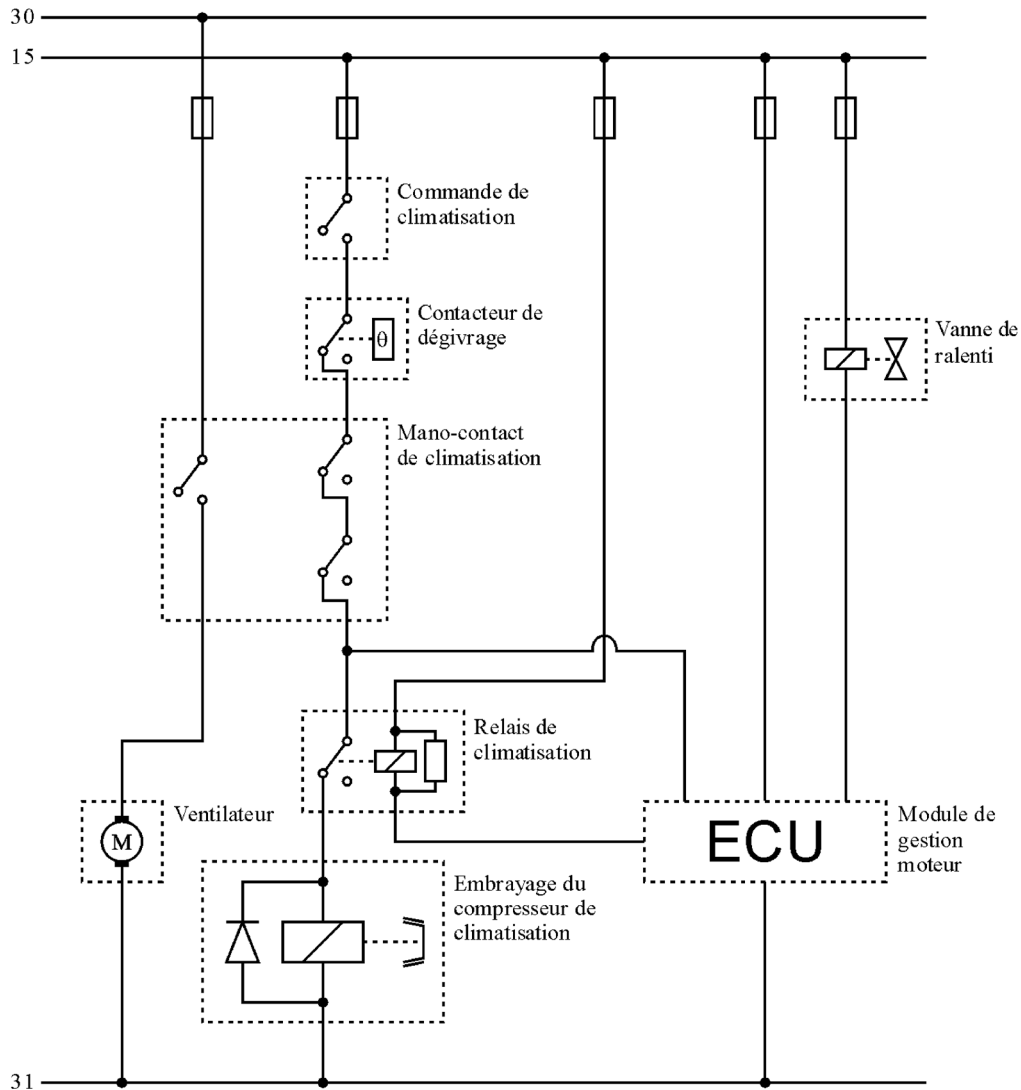
Le climat souhaité (température, humidité de l'air, air de circulation) est ensuite obtenu en procédant au réglage automatisé des volets équipés de moteurs ainsi qu'en activant ou en désactivant le ventilateur pour l'amenée d'air extérieur. Moyennant les boutons de commande et le coupleur magnétique, la pression dans le circuit fermé du réfrigérant reste acceptable. Si la pression dans le circuit à haute pression devient trop haute ou basse, le compresseur est débranché afin d'éviter que l'installation soit endommagée.

3.1.2. Signaux d'entrée et de sortie



3.1.3. Schéma électrique

3.1.3.1. Schéma électrique d'un système de conditionnement d'air à valve d'expansion



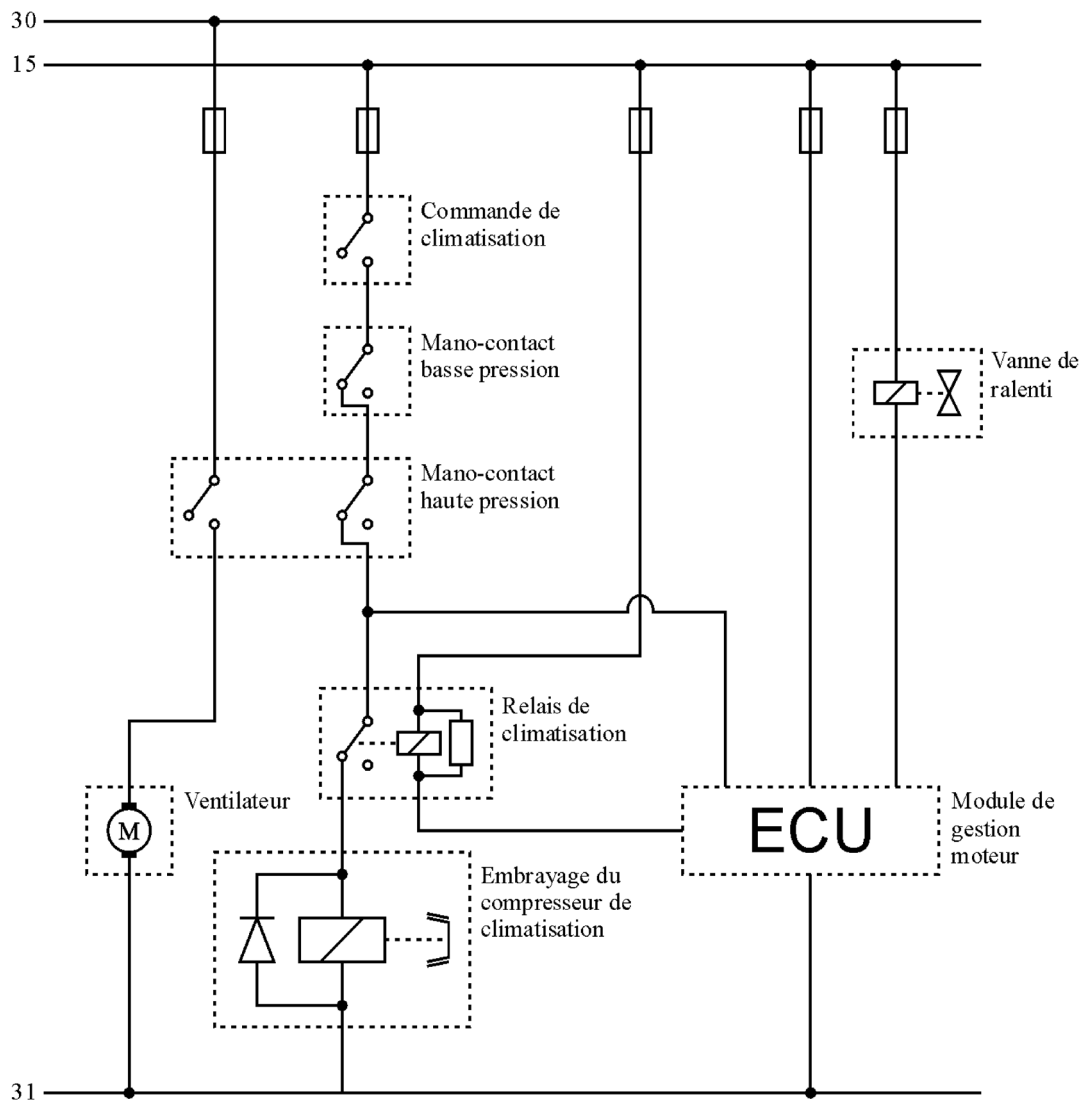
Description du système

Quand le contact est mis et que le conditionnement d'air est activé, le courant circule normalement vers l'embrayage du compresseur de climatisation en passant par le contacteur de dégivrage, le manocontact double et le relais de climatisation. Le contacteur de dégivrage est fermé lorsqu'il n'y a pas de risque de givre (p.ex. température supérieure à 1° C). Le manocontact double s'ouvre si la pression devient trop faible (par ex. 1,4 bars) ou trop forte (par ex. 30 bars).

Le relais du système de conditionnement de l'air s'ouvre quand le module de gestion moteur le raccorde à la masse. De cette façon le système de conditionnement de l'air peut être désactivé lors de l'accélération (p.ex. pendant un intervalle de 15 secondes) ou en cas de haute température dans le moteur (p.ex. à partir de 105° C). Un autre commutateur dans le manocontact double branche le ventilateur auxiliaire et ce à partir d'une pression de 18 bars.

Afin de compenser la charge plus importante du moteur en cas d'activation du système de conditionnement d'air, le système qui commande le régime de ralenti est activé simultanément.

3.1.3.2. Schéma électrique d'un système de conditionnement d'air à ajustage fixe



Description du système

Quand le contact est mis et que le conditionnement d'air est activé, le courant circule normalement vers l'embrayage du compresseur de climatisation en passant par le manocontact basse pression, le manocontact haute pression et le relais de climatisation. Le manocontact basse pression est ouvert si la pression est trop faible (p.ex. inférieure à 1,6 bars). Le manocontact haute pression s'ouvre si la pression devient trop forte (par ex. 30 bars).

Le relais du système de conditionnement de l'air s'ouvre quand le module de gestion moteur le raccorde à la masse.

De cette façon le système de conditionnement de l'air peut être débranché lors de l'accélération (p.ex. pendant un intervalle de 15 secondes) ou en cas de haute température dans le moteur (p.ex. à partir de 105° C).

Un autre commutateur dans le manocontact haute pression branche le ventilateur et ce à partir d'une pression de 18 bars.

Afin de compenser la charge plus importante du moteur en cas d'activation du système de conditionnement d'air, le système qui commande le régime de ralenti est activé simultanément.

3.1.4. Diagnostic, suppression des défauts, instructions pour l'atelier

3.1.4.1. Utilisation correcte d'un système de conditionnement d'air manuel

- Avant tout, évacuer la chaleur accumulée en ventilant le véhicule.
- Fermer les fenêtre et le toit ouvrant (en cas de canicule vous pouvez éventuellement ouvrir le toit ouvrant afin d'améliorer l'aération).
- En cas de forte chaleur, utiliser le mode recyclage afin d'augmenter l'efficacité du système de climatisation. Après environ vingt minutes en position recyclage, passer en mode air extérieur afin de renouveler l'air dans le véhicule. Choisir une répartition d'air intermédiaire.
- Pour utiliser la climatisation de façon continue, régler le ventilateur sur une vitesse faible ou moyenne, sélectionner la température désirée et utiliser le mode air extérieur. La température idéale à l'intérieur du véhicule varie entre 20° C et 23° C. Ne faites pas descendre la température en dessous de 18° C car il y alors un risque de s'enrhumer.
- Diriger les tuyères au maximum „vers le haut“ puisque l'air froid descend et sera par conséquent mélangé à l'air chaud.
- Afin d'éviter la condensation sur les vitres, mettre en marche le système de conditionnement de l'air et totalement ou partiellement diriger le courant d'air vers les fenêtres. Régler la température et l'intensité de la ventilation et mettre en marche le dégivrage de la lunette arrière.
- Si le système de conditionnement de l'air aspire une forte concentration de gaz d'échappement, de substances nocives et de poussière, passer à la fonctionnalité mode recyclage (risque de condensation sur les fenêtres).
- Couper le système de conditionnement de l'air quelques minutes avant la fin du trajet et régler la température pour qu'elle corresponde à la température extérieure. L'eau de condensation pourra ainsi sécher dans l'évaporateur de par la circulation de l'air. La création de mauvaises odeurs dans le système de conditionnement de l'air est ainsi évitée par le fait que l'humidité ne stagne plus dans l'évaporateur. De plus, cela évite un choc de température pour les occupants du véhicule.

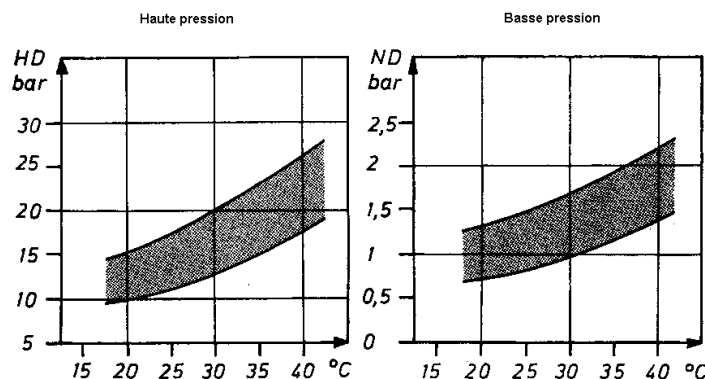
3.1.4.2. Faire un diagnostic en mesurant la pression

Les valeurs mesurées pour la pression d'aspiration (pression basse) ainsi que pour la pression de condensation (pression haute) démontrent si l'installation fonctionne correctement.

Les valeurs mesurées doivent être comparées aux valeurs déterminées lors de tests effectués avec ce type spécifique de véhicule, étant donné que les valeurs sont fortement différentes suivant les différents véhicules !

Les diagrammes repris ci-dessous révèlent un lien fort entre ces pressions et la température extérieure. Ces diagrammes contiennent des valeurs approximatives qui peuvent être considérées comme des valeurs indicatives et généralement valables pour un système de conditionnement d'air.

Diagramme de pression pour un circuit avec valve d'expansion



3.1.4.3. Tableau de recherche des défauts pour systèmes à valve d'expansion

Haute pression	Basse pression	Cause possible
élevée	élevée	surchauffe du moteur; valve d'expansion ouverte en permanence; température dans le boîtier d'évaporateur trop élevée; vanne d'arrêt de liquide de refroidissement ne ferme pas correctement
élevée	normale à élevée	air dans le circuit de réfrigérant
élevée	normale	trop de réfrigérant (installation trop remplie)
normale à élevée	élevée	conduite du compresseur au condenseur rétrécie/obturée
normale à élevée	normale à élevée	trop d'huile pour réfrigérant; humidité de l'air très supérieure à la normale
normale, mais irrégulière	normale, mais irrégulière	humidité dans le circuit de réfrigérant affecte le fonctionnement de la valve d'expansion
fluctuante	fluctuante	sonde de température de la valve d'expansion défectueuse
normale à faible	normale à faible	évaporateur obturé; circulation d'air insuffisante
élevée au compresseur, faible dans la conduite haute pression	faible	rétrécissement/obturation dans l'accumulateur/déshydrateur, le condenseur ou une conduite haute pression
faible	élevée	conduite d'aspiration rétrécie; valves dans le compresseur détériorées d'où un mauvais rendement
faible	faible	conduite d'aspiration ou accumulateur/déshydrateur rétréci(e); évaporateur givré; condensateur obturé; embrayage de compresseur ne coupe plus; contacteur de dégivrage reste fermé; fuite de réfrigérant ou remplissage insuffisant, sonde de température de la valve d'expansion défectueuse; obturation d'une conduite haute pression
Autres facteurs susceptibles d'affecter le fonctionnement du compresseur		l'embrayage decompresseur n'accroche pas correctement et patine la tension de la courroie d'entraînement du compresseur est insuffisante la bobine d'excitation de l'embrayage de compresseur n'est pas correctement fixée ou est coupée ou en court-circuit à la masse le PCM arrête le compresseur

Attention: Tout type de bouchon dans le circuit du réfrigérant fait en sorte que le compresseur est bon pour la ferraille. Quand le réfrigérant ne sait plus circuler, le transport de l'huile de compresseur est également interrompu.

3.1.4.4. Tableau de recherche des défauts pour systèmes à détendeur à ajustage fixe

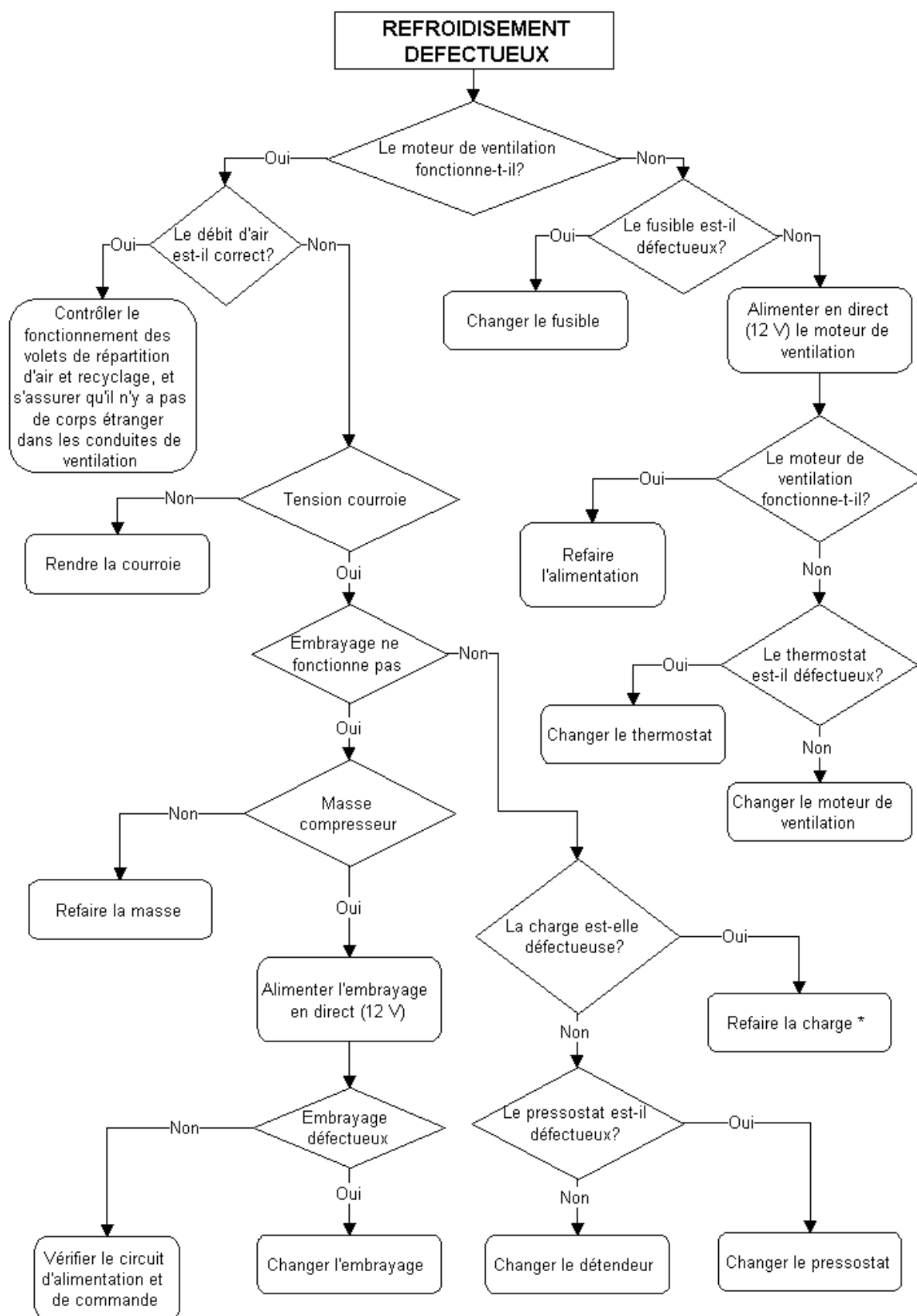
Haute pression	Basse pression	Durée du cycle de fonctionnement			Cause possible
		Intervalle	Marche	Arrêt	
élevée	élevée	enclenché en permanence			mauvais refroidissement du condenseur
élevée	normale à élevée				surchauffe du moteur
normale à élevée	normale				trop de réfrigérant (a); air dans le réfrigérant
normale	élevée				joints toriques du détendeur non étanches ou manquantes
normale	normale	lent ou coupé en permanence	lent ou enclenché en permanence	normal ou coupé en permanence	humidité dans le réfrigérant; trop d'huile pour réfrigérant
normale	faible	lent	long	long	contacteur basse pression réagit trop tard
normale à faible	élevée	enclenché en permanence			puissance de compresseur insuffisante
normale à faible	normale à élevée				conduit d'aspiration (basse pression) vers le compresseur obturée ou rétrécie (b)
normale à faible	normale	rapide	court	normal	évaporateur obturé ou circulation d'air trop faible
			court à très court	normal à long	condenseur, détendeur ou conduite de réfrigérant obturé(e) ou rétréci(e)
				court à très court	trop peu de réfrigérant
				long	évaporateur obturé ou rétréci
normale à faible	faible	enclenché en permanence			conduit d'aspiration (basse pression) vers le compresseur obturée ou rétrécie (c); contacteur basse pression bloqué
---		compresseur fonctionne de façon irrégulière ou pas du tout			contacteur basse pression ouvert en permanence ou contact encrassés; connexion électrique défectueuse; installation électrique défectueuse

(a) Si l'installation contient trop de réfrigérant, le compresseur fait beaucoup de bruit lors de sa première mise en marche.

(b) Si la basse pression mesurée est normale à élevée, chercher le rétrécissement en aval du point de mesure (raccord basse pression),

(c) Si la basse pression mesurée est faible, chercher le rétrécissement en amont du point de mesure (raccord basse pression),

3.1.6. Organigramme de contrôle



* Respecter les instructions en vigueur dans les différents pays.

3.1.7. Conseils pratiques

- Dans la plupart des cas, le manocontact du système de conditionnement d'air peut être démonté sans qu'il ne soit nécessaire d'ouvrir le circuit du réfrigérant.

3.1.7.1. Mesures de sécurité

- Les travaux aux véhicules équipés d'un système de conditionnement de l'air et la manipulation d'un réfrigérant nécessitent certaines règles de conduite et certaines mesures de sécurité pour que personne ne puisse être mis en danger par une fuite de réfrigérant.

 Protéger les yeux	 Porter des gants de sécurité	 Interdiction de fumer, de faire un feu, une lumière ouverte
--	---	--

- Les travaux d'ordre général aux véhicules doivent être préparés et effectués de façon à ce que le circuit du réfrigérant ne doive pas être ouvert (p.ex. le démontage du radiateur ou du moteur). Il faut en tout cas éviter que le réfrigérant entre en contact avec la peau à cause des gelures qui se créent sur la peau. **Un réfrigérant qui coule a une température de - 26°C !**
- Si, lors de la réparation du véhicule, il s'avère absolument nécessaire d'ouvrir le circuit du réfrigérant, le véhicule devra être transporté dans une station-service ou un garage où le circuit du réfrigérant pourra être ouvert par un expert (dans certains pays des instructions supplémentaires peuvent exister).

3.1.7.2. Station de recyclage

Afin de pouvoir effectuer les réparations aux différents organes du système de conditionnement, il faut d'abord vider ce système de conditionnement.

Cependant, le réfrigérant qui se trouve dans les organes et les tuyaux du système de conditionnement ne peut en aucun cas être dispersé dans la nature, il doit être aspiré et récupéré moyennant des appareillages spéciaux.

Dans une telle station-service, les travaux suivants peuvent être effectués :

- Vidange du système de conditionnement de l'air
- Recyclage (récupération) du réfrigérant
- Mise sous vide du système de conditionnement de l'air
- Remplissage (réfrigérant neuf ou recyclé)

Vidange du système de conditionnement de l'air

- Un système de conditionnement de l'air n'est en principe vidé que quand l'installation doit être ouverte en vue de certains travaux.
- Si vous laissez tourner le système de conditionnement d'air pendant quelques minutes avant la vidange, le réfrigérant circule dans l'installation entière et devient plus facile à aspirer.

Mise sous vide du système de conditionnement d'air

Après avoir été ouvert pour des travaux, un système de conditionnement d'air doit toujours être mis sous vide avant d'être rempli de nouveau.

L'air qui s'est introduit dans le système, ainsi que l'humidité et les impuretés qu'il contient, diminuent la puissance du système de conditionnement d'air étant donné qu'ils peuvent bloquer l'ajutage fixe ou la valve d'expansion.

Remplissage du système de conditionnement de l'air

Selon le type d'appareillage et selon l'équipement (avec ou sans cylindre de remplissage qui peut être réchauffé) le système sera rempli soit de réfrigérant en état gazeux moyennant la connexion à basse pression, soit de réfrigérant en état liquide moyennant la connexion à haute pression.

Attention: Lors de la vidange et du remplissage, les instructions en vigueur dans les différents pays sont à respecter.

3.2. Verrouillage central

Le verrouillage central permet de fermer, d'ouvrir et de bloquer les portes, le hayon arrière et le clapet du bouchon de réservoir des véhicules. Un commutateur prévu dans la porte du conducteur ou du passager ou dans le hayon arrière, et, pour les installations commandées à distance par infrarouge, la commande IR détectée par l'appareil de commande, servent de points de commande.

Lorsque des installations de confort et de sécurité sont prévues, le verrouillage central permet de fermer automatiquement le toit ouvrant et les vitres latérales. Pour pouvoir actionner les serrures des portes, du hayon arrière et du clapet du bouchon de réservoir, le système a besoin d'éléments d'actionnement. Suivant la manière par laquelle les éléments d'actionnement sont actionnés, on distingue :

- les systèmes électromagnétiques,
- les verrouillages centraux électriques et
- les verrouillages centraux électropneumatiques.

Les systèmes électromagnétiques ne sont aujourd'hui plus utilisés, entre autres à cause de leur poids élevé et de leur mauvaise efficacité.

3.2.1. Mode de fonctionnement d'un verrouillage central

3.2.1.1. Verrouillage central électrique

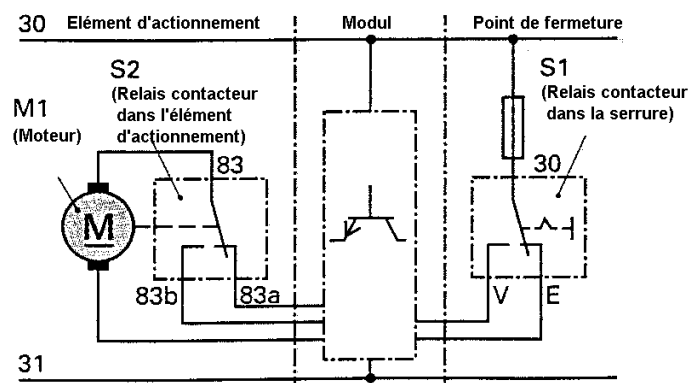
L'activation de moteurs électriques et d'éléments à actionnement électrique permet d'exécuter des fonctions de base. La plupart du temps, la commande s'effectue par l'intermédiaire de contacts dont l'un se trouve dans la serrure de porte et l'autre dans les éléments d'actionnement.

Le plan simplifié du circuit donné en figure 1 montre la coopération des composants individuels. La rotation de la clé actionne mécaniquement la serrure et le contact S1. Cela permet à l'appareil de commande d'activer tous les moteurs électriques. L'interrupteur S1 présente deux positions de commutation : verrouillage (V) et déverrouillage (E). L'interrupteur S2 se trouve dans l'élément d'actionnement et est actionné par le moteur au moyen de tringles ou d'une transmission. Il sert de contact de fin de course et branche ou débranche le moteur. Les signaux de commande aboutissent à l'appareil de commande du verrouillage central.

Mode de fonctionnement

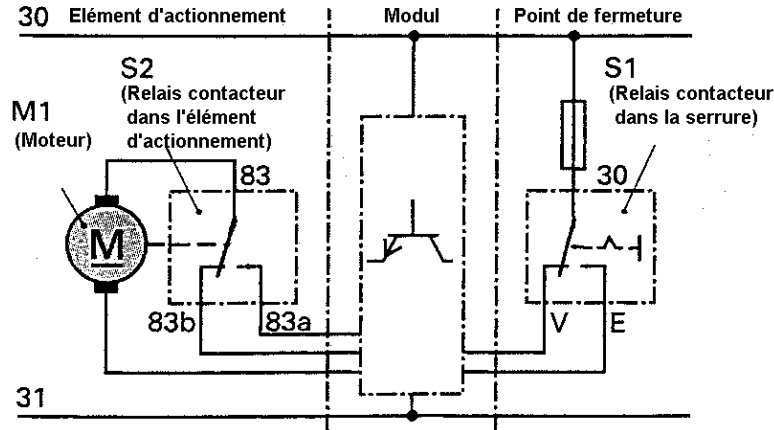
Verrouillage (figure 1)

Une rotation de la clé relie les bornes 30 et V de l'interrupteur S1. Cette impulsion de commande permet à l'appareil de commande d'alimenter en tension la borne 83a. Le moteur électrique M1 tourne. Le moteur tourne jusqu'à la fin de course de verrouillage, et à ce moment la liaison entre les bornes 83 et 83a du contact est interrompue par le moteur électrique.



Déverrouillage (figure 2)

Une rotation de la clé dans le sens contraire relie la borne 30 et la borne E de l'interrupteur S1. La borne 83b est ainsi alimentée en tension par l'appareil de commande. Le moteur électrique tourne (dans le sens contraire). Les bornes 83 et 83b de l'interrupteur S2 restent reliées l'une à l'autre jusqu'à ce que la position d'extrémité du déverrouillage soit atteinte. Lorsque la liaison des bornes 83 et 83b est interrompue, le moteur s'arrête.



3.2.1.2. Verrouillage central électropneumatique

Il est constitué d'un **circuit électrique de commande** et d'un **circuit de travail pneumatique**.

Le recours à une pompe dite **bi-pression** (qui crée une dépression ainsi qu'une surpression de +/- 500 mbar) permet de transformer le circuit de travail en un système d'enclenchement/déclenchement.

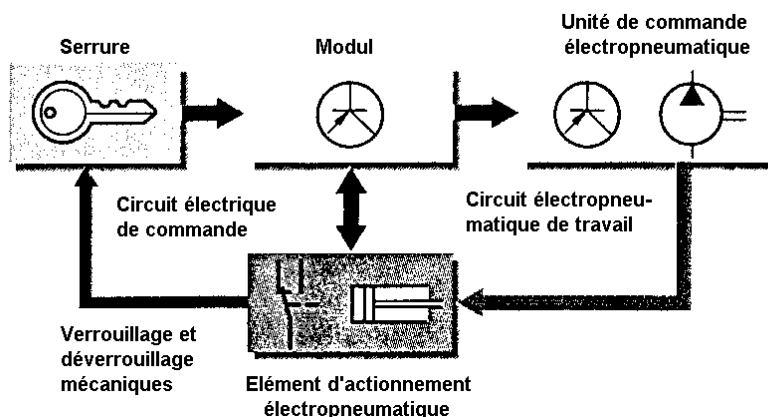
Le circuit électrique de commande actionne le circuit de travail pneumatique par l'intermédiaire de micro-commutateurs prévus dans les serrures de porte et d'éléments électro-pneumatiques d'actionnement. Les signaux de commande sont reçus par un appareil de commande et transmis à une unité de commande pneumatique.

Le circuit de travail pneumatique actionne les éléments d'actionnement par **dépression (verrouillage)** ou par **surpression (ouverture)**.

Les éléments électro-pneumatiques d'actionnement réalisent les opérations d'ouverture et de fermeture par des tringles de poussée et de traction disposées sur les serrures de porte. En position verrouillée, le micro-commutateur délivre un signal de masse à l'appareil de commande.

Systeme de sécurité :

En cas de tentative d'effraction (par exemple par traction du bouton de verrouillage), un signal plus est envoyé à l'appareil de commande par le micro-commutateur correspondant. L'appareil de commande active alors la bobine de sécurité dotée de verrous de blocage, et la tringle de traction et de poussée de l'élément d'actionnement est bloquée. De plus, la dépression est activée. La serrure reste verrouillée.



3.2.2. Double verrouillage

Les exigences croissantes en matière de protection contre le vol imposent des possibilités supplémentaires de protection, aussi au niveau du verrouillage central à entraînement électrique. Dans ce domaine, il existe fondamentalement différentes possibilités, mais qui fournissent le même résultat.

Dans l'état protégé, le déverrouillage, par exemple par les boutons de protection, n'est plus possible, même de manière très violente. Pour ce faire, on utilise pour les portes des entraînements d'actionnement dans lesquels on monte soit un deuxième moteur électrique, soit plusieurs moteurs électriques, qui peuvent prendre trois positions (déverrouillage, verrouillage, protection) et qui prennent une position de point mort mécanique dans la position protégée, de sorte que le seul déverrouillage possible est électrique.

Des variantes supplémentaires sont un découplage mécanique de la serrure ou une position mécanique de dépassement de point mort de la serrure dans l'état protégé.

Toutes les variantes permettent cependant un déverrouillage mécanique de secours en cas de panne de batterie, au moins par la serrure de la porte du conducteur et à l'aide de la clé du véhicule.

3.2.3. Commande à distance

La plupart du temps, le verrouillage central possède encore une commande à distance pour l'actionnement du verrouillage central. Une électronique dotée d'une diode émettrice infrarouge ou d'un émetteur radio est placée dans la clé ou dans un émetteur séparé.

L'émetteur crée un signal codé qui appartient au véhicule (par exemple un code crypté). Le récepteur placé dans le véhicule conduit ce signal à l'unité de commande qui le traite.

Optionnellement, un signal de fermeture dit de confort peut en outre faire partie de la commande à distance. Dans ce cas, il est possible de fermer les fenêtres ainsi que le toit ouvrant après avoir quitté le véhicule, en enfonçant la touche d'émission pendant une durée appropriée.

3.2.4. Indications de travail pratique

- Vérifier visuellement s'il n'y a pas de dégradations mécaniques ou électriques.
- Rupture de câble dans les portes et le hayon arrière (ou capot du coffre) dans les gaines en caoutchouc (accordéons).
- Fiche débranchée ou corrodée.
- Contact de position du cylindre de serrure défectueux.
- Défaut mécanique aux serrures de porte ou difficultés d'accès aux composants mécaniques (corrosion).
- Défaut de masse : en cas de défaut de masse par rapport à la carrosserie, il faut toujours dévisser la vis et éliminer totalement la corrosion des surfaces de contact.
- En cas de remplacement des moteurs électriques, vérifier si la cause ne provient pas d'un mauvais contact dans le faisceaux de câblages.
- Pompe bi-pression "noyée" par pénétration d'eau dans le véhicule. Contrôler les orifices d'évacuation d'eau.
- Conduits flexibles pincés, colmatés ou ayant perdu leur étanchéité.

4. Systèmes de sécurité

4.1. Système de retenue

L'électronique actuelle permet des systèmes de retenue qui s'ajoutent à l'amélioration permanente de la structure de la carrosserie, pour renforcer la protection des passagers en cas d'accident.

Un système de retenue (Désignation Internationale S.R.S. – **S**upplementary **R**estraint **S**ystem) est constitué d'au moins deux airbags et de ceintures de sécurité sur tous les sièges, ainsi qu'un tendeur de ceinture sur l'enrouleur des ceintures de sécurité, au moins pour les sièges avant.

4.1.1. L'airbag

En cas d'accident avec collision frontale, le conducteur et le passager peuvent subir de graves blessures à la tête et au torse s'ils sont projetés contre le volant, le tableau de bord ou le pare-brise, sans être freinés. Une ceinture de sécurité attachée réduit le choc, mais ne peut cependant l'éviter complètement si la vitesse est plus élevée.

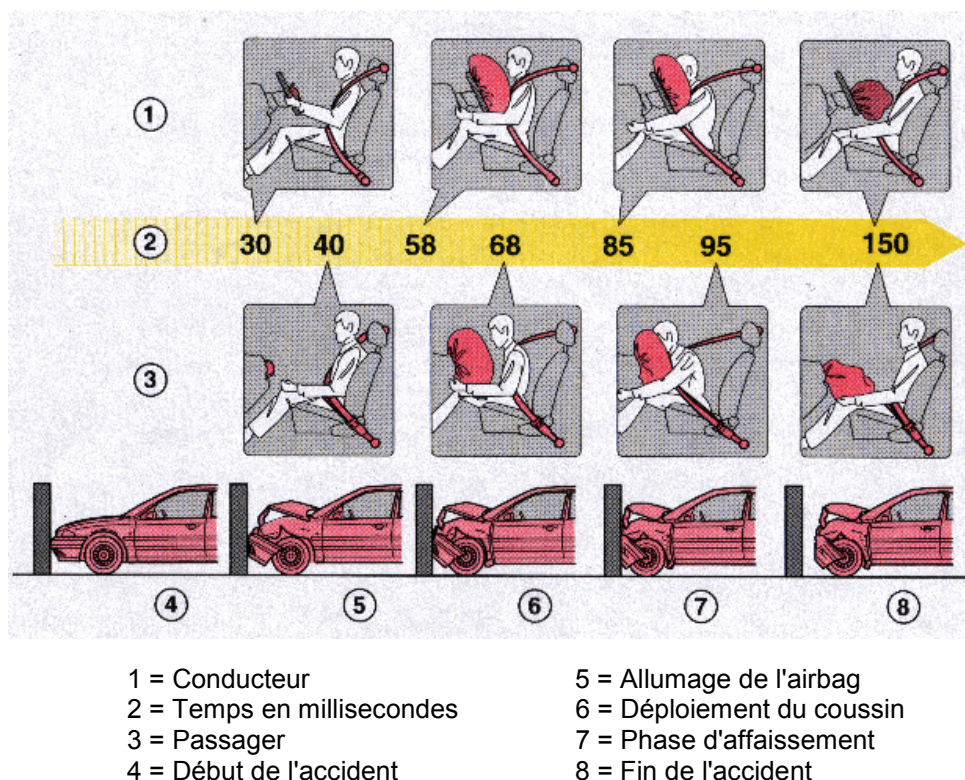
C'est pour cette raison qu'à la fin des années 70 est apparu l'airbag qui sert de système supplémentaire de sécurité passive. Tout d'abord, l'airbag n'a été nécessaire que sur le marché US, à cause des prescriptions qui y existent pour la protection des passagers et du fait que le port de la ceinture n'y est pas obligatoire. Au cours de ces dernières années, il s'est également imposé de plus en plus en Europe.

L'airbag est un sac à air qui est gonflé en quelques fractions de seconde en cas de collision frontale.

Le déroulement chronologique de l'allumage d'un airbag est présenté dans la figure 1.

C'est d'abord l'airbag du conducteur placé dans le volant qui a été développé. Plus tard, le système a été élargi à un airbag de passager, plus grand, qui est installé dans le tableau de bord. L'airbag du conducteur et celui du passager sont aujourd'hui devenus la norme dans les véhicules de la classe supérieure.

Représentation du déroulement de l'allumage d'un airbag (Figure 1)



4.1.1.1. Composants

Le système d'airbag est constitué de:

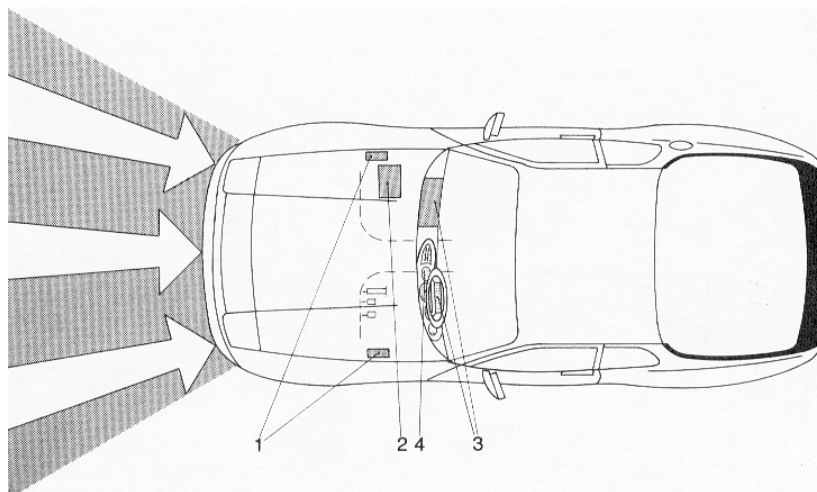
- un sac à air gonflable avec fentes d'ouverture,
- un générateur de gaz à pile d'allumage pour le gonflage du sac à air,
- un appareil électronique de déclenchement (commande) avec détecteur intégré d'accélération, un condensateur (qui sert de réserve d'énergie) et un convertisseur de tension. L'appareil de commande dispose de jusqu'à six sorties pour l'allumage de plusieurs générateurs de gaz pour les airbags du conducteur et du passager et les tendeurs de ceinture.
- une lampe témoin pour la surveillance du système,
- suivant le fabricant, éventuellement un ou deux capteurs frontaux (enregistreurs d'accélération supplémentaires pour éviter des déclenchements erronés),
- un ressort spiralé pour assurer un transfert sûr du contact entre la colonne de direction et le volant.



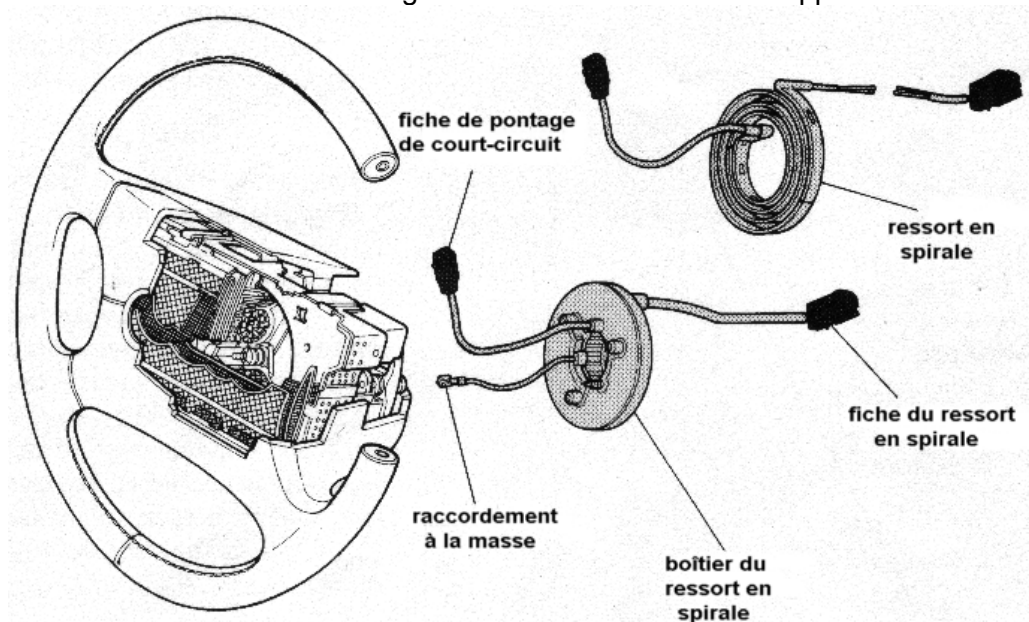
4.1.1.2. Mode de fonctionnement

La figure ci-dessous montre la disposition des composants de l'airbag et la plage de déclenchement de ce dernier en cas de collision frontale (jusqu'à environ $\pm 30^\circ$ latéralement par rapport à l'axe longitudinal du véhicule).

Après établissement de l'alimentation en tension (position 1 de la clé de contact), le témoin de contrôle s'allume. S'il s'éteint après environ 6 s, cela signifie que l'électronique de surveillance de l'appareil de commande n'a découvert aucun défaut et que le système est prêt à fonctionner.



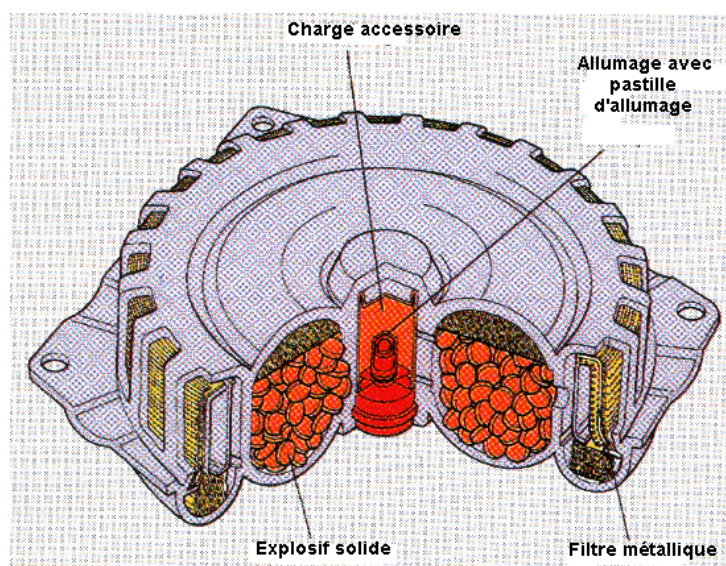
En cas d'accident, à partir d'un ralentissement défini du véhicule qui correspond à une vitesse de collision d'au moins environ 25 km/h (à cause de l'obligation de porter la ceinture, le ralentissement minimum de déclenchement de nombreux véhicules ECE est supérieur à celui des véhicules US), le module de commande est informé par un capteur d'accélération. Il envoie alors un signal de commande au générateur de gaz. Dans le cas de l'airbag du conducteur, pour assurer un contact sûr, on utilise souvent un ressort spiralé au lieu d'un contact à balai normal. La tension d'allumage (environ 35 V) est délivrée par un condensateur de l'appareil de commande, même si l'accident a provoqué une interruption de la tension d'alimentation par la batterie du véhicule. Au cas où des capteurs frontaux ont été prévus, au moins l'un de ceux-ci doit également fermer un contact supplémentaire.



Le courant d'allumage déclenche l'allumage de l'explosif solide dans le générateur à gaz au moyen d'une pastille d'allumage. Un gaz est produit et gonfle le sac à air.

Ce gaz, dit propulseur, est d'abord épuré et refroidi par le filtre métallique. Après environ 30 ms, le sac à air a atteint son plein volume qui peut aller jusqu'à 80 l (suivant le fabricant). Le sac à air du côté passager contient jusqu'à 150 l et, pour cette raison, il nécessite deux générateurs à gaz pour être gonflé. Des ouvertures situées sur le côté du sac à air qui n'est pas tourné vers le corps laissent s'échapper une partie du gaz; après 100 à 120 ms, le sac à air est pratiquement vide.

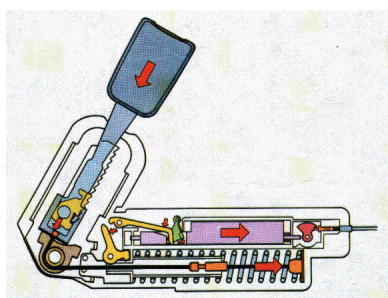
Représentation en coupe d'un générateur de gaz



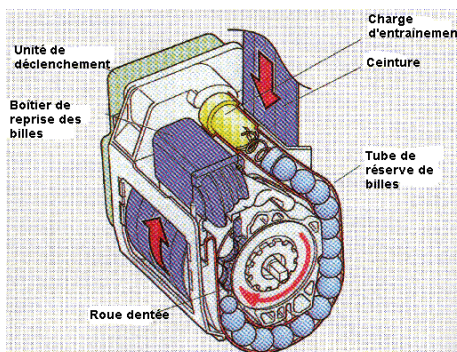
4.1.2. Tendeur de ceinture

Pour limiter le jeu de la ceinture sans dégrader le confort d'utilisation en fonctionnement normal, on a développé différents systèmes qui permettent de tendre la ceinture en cas d'accident. Pour ce faire, il existe deux possibilités. D'une part, on peut utiliser l'enrouleur de ceinture, rentrer la ceinture et donc la tendre, ou d'autre part reculer la boucle de ceinture et ainsi tendre la ceinture. En plus du tendeur de boucle de ceinture purement mécanique, il existe des systèmes pyrotechniques à déclenchement mécanique, mais également à déclenchement électronique par l'appareil de commande des airbags.

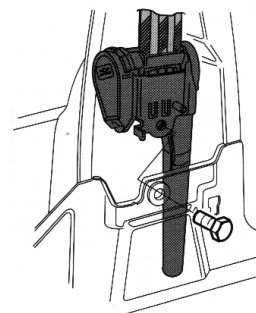
Grâce au tendeur de ceinture, le corps ne peut s'enfoncer sous la ceinture ventrale. Il empêche ainsi l'effet dit "sous-marin". La tête et la partie supérieure du corps sont amortis en douceur par l'airbag.



Tendeur de ceinture mécanique



Tendeur de ceinture pyrotechnique



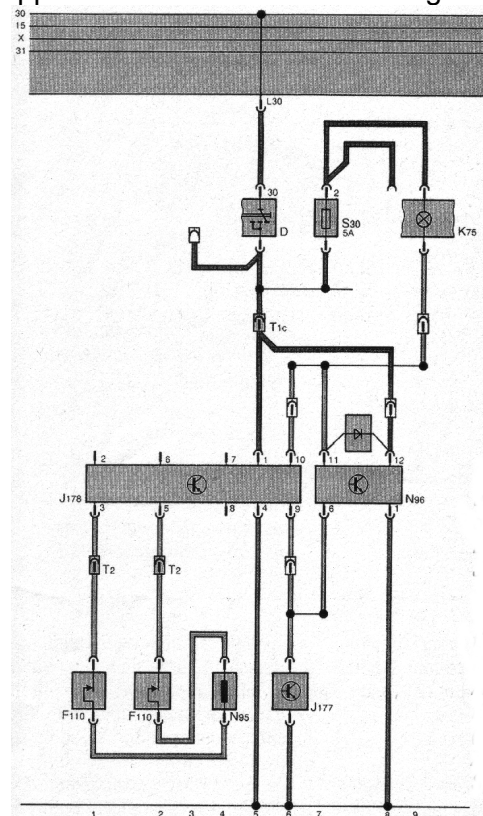
Tendeur de ceinture pyrotechnique à déclenchement mécanique

4.1.3. Schéma de branchement

Pour transmettre le signal de déclenchement, on utilise sur certains systèmes d'airbag des câbles spéciaux jaunes sans gaine qui sont reliés directement à l'appareil de commande de l'airbag.

Schéma unifilaire simplifié de l'Audi

- D = Contacteur d'allumage
- F110 = Ressort en spirale (feuilles conductrices)
- J177 = Réserve d'énergie pour l'airbag
- J178 = Appareil de déclenchement de l'airbag
- K75 = Témoin de contrôle de l'airbag
- N95 = Allumage de l'unité d'airbag
- N96 = Convertisseur de tension



4.1.4. Diagnostic, suppression des pannes et indications pour l'atelier

Les systèmes de retenue ont une fiabilité d'au moins 10 ans. Certains fabricants de véhicules souhaitent un remplacement des composants des airbags après 10 ans.

Le système de retenue est équipé d'une fonction de diagnostic. Lors de chaque établissement du contact, l'appareil de commande exécute un auto-test. Pendant la durée de celui-ci, le témoin de contrôle s'allume. Pendant l'utilisation du véhicule, le système interne de diagnostic surveille en permanence le câblage et les éléments pyrotechniques. En cas de défaut, le témoin de contrôle est de nouveau allumé. La nature et la durée du défaut sont conservés de manière codée dans la mémoire de défauts et peuvent être lues par un appareil de lecture. Des causes de défaut sont associées aux codes de défaut dans les instructions de réparation.

4.1.5. Instructions de travail pratique

- Les travaux de mise au point et d'entretien ne peuvent être réalisés que par du personnel spécialement formé.
- Pour les travaux de montage, de rectification et de soudage, il faut toujours débrancher la borne négative de la batterie. Attendre ensuite environ dix minutes pour que les condensateurs de réserve se soient entièrement déchargés.
- Ne jamais débrancher l'appareil de commande lorsque le contact est mis. Cela pourrait entraîner un déclenchement de l'airbag ou des tendeurs de ceinture.
- Ne pas utiliser d'ohmmètre pour vérifier les tendeurs de ceinture.
- N'utiliser que les appareils de mesure admis par le fabricant.
- Si le système s'est déclenché après un accident, tous ses composants doivent être remplacés.
- En cas de remplacement de composants, n'utiliser que des pièces neuves.
- Avant le montage, vérifier si les composants ne présentent pas de fissures, de déformations ou de bosses.
- Des composants qui sont tombés sur le sol ne peuvent plus être utilisés.
- Lors d'un démontage ou d'un remplacement, toujours porter des lunettes de sécurité.
- Le module d'airbag ne peut être traité avec des produits de nettoyage ou de la graisse.
- Ne jamais exécuter de travaux de réparation sur le module d'airbag.
- Le module d'airbag ne peut être exposé à des températures supérieures à 75° C.
- Après avoir manipulé des systèmes qui se sont déclenchés, se nettoyer soigneusement les mains à l'eau et au savon. Les composants métalliques d'un airbag ou d'un tendeur de ceinture qui vient d'exploser sont très chauds et ne peuvent être touchés avant quelques minutes.
- Respecter le sens de montage des capteurs et des appareils de commande du déclenchement.
- Certains fabricants prescrivent l'utilisation de nouvelles vis lors du remplacement de composants.
- Aucun autre volant non agréé ne peut être monté.
- Les airbags et tendeurs de ceinture doivent être traités en tant que systèmes pyrotechniques. Respecter les prescriptions locales en la matière.
- Les unités qui se sont déclenchées peuvent être envoyées à la ferraille.
- Les modules d'airbag doivent toujours être posés avec le coussin vers le haut, faute de quoi le générateur serait propulsé vers le haut en cas d'activation éventuelle du déclencheur.
- Pour le transport, ne pas tenir le tendeur de ceinture par le tube de guidage ou par la ceinture.
- Ne jamais porter les modules d'airbag par les câbles ou la fiche qui se trouvent du côté supérieur.
- Avant l'envoi d'un véhicule à la ferraille, il faut allumer de manière contrôlée les airbags et les tendeurs pyrotechniques de ceinture qui n'ont pas été déclenchés, en respectant les prescriptions du fabricant et les instructions de sécurité.

4.2. Antivol électronique

Il s'agit d'un système électronique qui empêche que des personnes non autorisées mettent le véhicule en marche.

La base légale de la protection d'un véhicule par un antivol est définie entre autres dans la Directive européenne R 18. Selon cette dernière, l'enlèvement de la clé de contact et la fermeture des portes ne constituent pas une protection du véhicule au sens de la loi.

L'antivol est constitué d'un appareil de commande et, suivant le fabricant, d'un émetteur manuel avec clé de contact à code électronique, d'un transpondeur ou d'une carte à puce. Nous décrivons plus en détail ci-dessous l'antivol avec transpondeur.

4.2.1. Antivol électronique avec transpondeur

L'antivol électronique est une installation dont le rôle est d'empêcher que des personnes qui ne sont pas en possession de la clé programmée pour ce véhicule puissent le conduire.

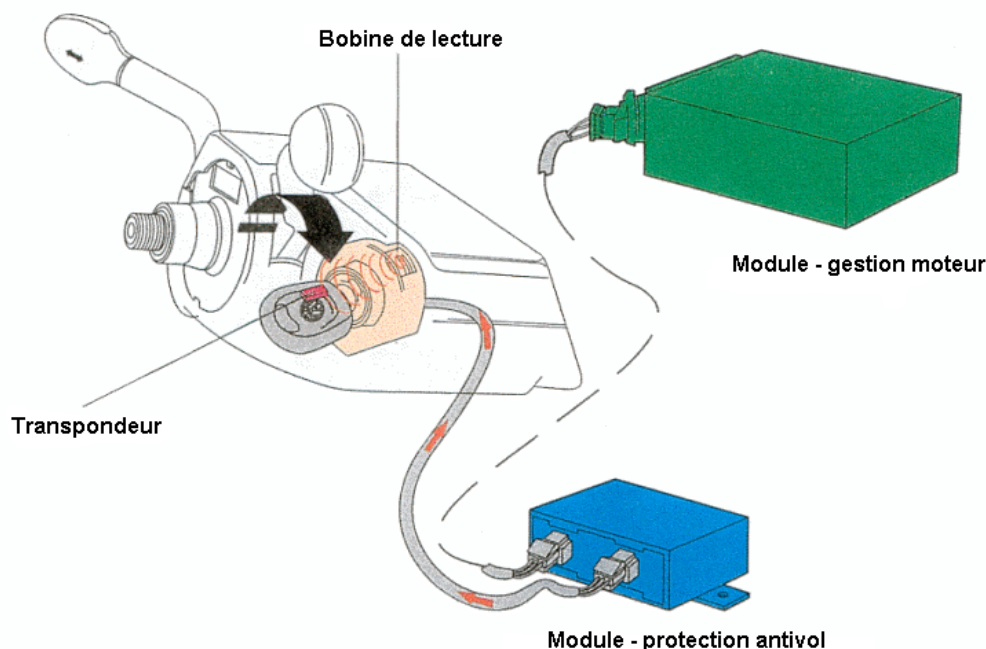
L'activation et la désactivation du système s'effectuent de manière entièrement automatique sans que le conducteur le remarque par un affichage ou un autre élément.

Ce système garantit un degré élevé d'inviolabilité du véhicule parce que pour son fonctionnement, on utilise uniquement des modules électroniques.

Les antivols électroniques sont utilisés aussi bien sur des véhicules à moteur à essence que sur ceux à moteur diesel.

L'antivol ("immobiliseur") comprend les composants suivants :

- clé avec transpondeur,
- module émetteur/récepteur,
- appareil de commande de l'antivol,
- appareil de commande du moteur avec entrée codée d'autorisation du démarrage.



4.2.1.1. Clé avec transpondeur

Le terme de "transpondeur" est créé à partir de "**trans**mitter (= émetteur) et de "**res**pounder (= répondeur).

Le transpondeur est un émetteur-récepteur qui est placé dans la clé et qui communique avec l'appareil de commande de l'antivol par l'intermédiaire du module émetteur-récepteur. La puce du transpondeur est constituée essentiellement de l'émetteur-récepteur et d'une **EEPROM** à lecture et écriture sans fil.

La puce du transpondeur est alimentée en énergie par le module émetteur-récepteur via l'antenne en anneau du verrou de volant.

Aucune batterie n'est donc nécessaire pour alimenter la clé en tension. L'alimentation en énergie et le transfert des données s'effectuent suivant le principe du transformateur. Une énergie périodique qui est fonction des données à transmettre est extraite du champ magnétique de la bobine pour le transpondeur. La portée d'écriture et de lecture des données est très faible. La mémoire du transpondeur contient des données d'identification de la clé, et chez de nombreux fabricants, un code alternatif (BMW). Chaque clé individuelle contient une puce de transpondeur qui contient lesdites données et forme ainsi une pièce unique. De l'extérieur, il est impossible de la distinguer d'une clé de contact normale.

La puce de la clé permet 100 milliards de possibilités.



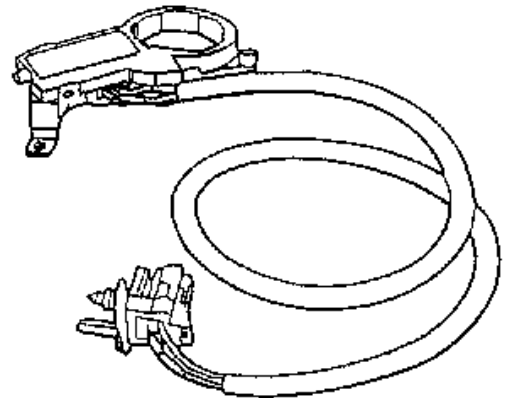
Le moteur ne peut démarrer que si le code en mémoire correspond à celui du véhicule !

Au cas où la clé présente un défaut, l'antivol ne permet pas la mise en route du moteur parce que le code qu'il reçoit n'est pas valide.

4.2.1.2. Module émetteur-récepteur

Le module émetteur-récepteur est disposé autour du cylindre de la clé et établit la liaison entre l'appareil de commande de l'antivol et la clé de contact avec transpondeur codé. Ce module possède une antenne et un circuit de commutation intégré qui sont installés dans un boîtier en matière synthétique.

Un couplage inductif réalisé par l'intermédiaire de l'antenne charge le transpondeur, qui émet ainsi un signal reçu et amplifié par le module émetteur-récepteur avant d'être transmis au module central.



4.2.1.3. Appareil de commande de l'antivol

L'appareil de commande est constitué d'une interface placée entre le module émetteur-récepteur et l'appareil de commande du moteur, et il exécute les tâches suivantes :

- interrogation des données du transpondeur dans la clé
- commande du démarreur après reconnaissance des données correctes
- libération codée de la commande du moteur au cas où la clé est valide
- commande d'une LED de contrôle pour indiquer éventuellement l'état du système
- mise en mémoire du cryptage central de codage
- mise en mémoire de plusieurs clés (varie suivant le fabricant)
- détection des clés bloquées.

Dans de nombreux systèmes, l'appareil de commande de l'antivol est intégré dans la commande du moteur et offre ainsi une protection supplémentaire contre les effractions.

4.2.1.4. Module de gestion moteur

Tant pour les modèles à moteur à essence que pour ceux à moteur diesel à commande électronique (EDC), le module de gestion moteur exécute des fonctions de base essentielles pour le fonctionnement du moteur.

Par rapport à des modules sans antivol, des modifications importantes sont réalisées sur ces appareils de commande et concernent l'électronique interne et le connecteur de raccordement au système électrique du véhicule.

La modification du câblage interne est nécessaire pour permettre le blocage du moteur et l'échange de données avec l'appareil de commande de l'antivol.

La fonction de blocage est réalisée en supprimant les impulsions pour l'injection du carburant et l'allumage dans les moteurs à essence, ou en commandant un débit de carburant nul sur les modèles diesel à régulation électronique.

Les connecteurs modifiés empêchent de remplacer les modules avec antivol par des modules sans antivol, ce qui constitue une protection supplémentaire contre le vol.

4.2.1.5. Identification de la clé et déroulement du démarrage

Lorsque la clé a été insérée et que le contacteur du démarreur est actionné, la clé envoie son code par un émetteur à radio-fréquence intégré. Ce code est reçu par le module émetteur/récepteur et est transmis au module antivol par des connexions électriques.

Le signal est traité dans le module, converti en un code et comparé à la valeur conservée en mémoire.

Au cas où le code de la clé est identique au code conservé en mémoire dans le module de commande, le moteur peut démarrer. Si le code n'est pas reconnu, le moteur peut éventuellement démarrer, mais il s'arrête après un court moment (par exemple après 0,7 s). Chez la plupart des fabricants, une LED (diode lumineuse) raccordée à l'appareil de commande indique l'état dans lequel se trouve le système.

4.2.1.6. Opérations d'initialisation

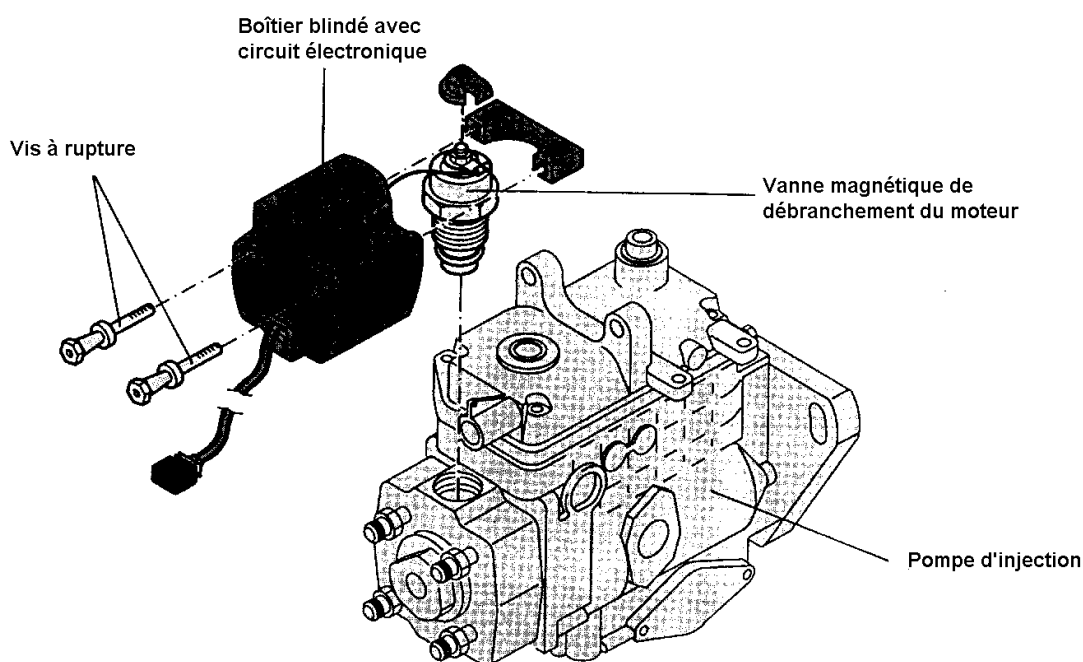
Après remplacement de composants individuels, il faut réaliser une initialisation et, chez de nombreux fabricants, une synchronisation des appareils de commande. La plupart du temps, cette initialisation ne peut être réalisée que chez un concessionnaire agréé à l'aide d'un ordinateur de diagnostic (en cas de remplacement du module émetteur-récepteur, une opération d'initialisation n'est pas nécessaire).

Le système de diagnostic du véhicule permet également de bloquer une clé perdue et de la libérer de nouveau après l'avoir retrouvée. A cet effet, le client devra chaque fois présenter toutes les clés qui sont encore en sa possession.

Le temps où l'on pouvait rapidement aller chez un serrurier pour commander une clé de réserve est terminé. Même s'il est possible de copier une clé mécanique et d'ouvrir la porte, on ne pourra pas faire démarrer le moteur. Si l'on doit remplacer une clé à transpondeur, dans la plupart des cas, il faudra faire réinitialiser toutes les clés dans un atelier spécialisé.

4.2.1.7. Antivol sur moteurs diesel sans régulation diesel électronique

Pour pouvoir protéger aussi efficacement contre le vol les moteurs diesel sans régulation diesel électronique, d'importantes modifications sont réalisées sur l'électrovanne d'arrêt. Les modifications les plus importantes que l'électrovanne d'arrêt du moteur reçoit lors du montage de l'antivol, comprennent le montage d'un circuit électronique complexe et la protection de l'ensemble du module dans un boîtier blindé, qui est aujourd'hui appelé électrovanne d'arrêt du moteur diesel **DDS** (Diesel-Diebstahl-Schutz - protection contre le vol diesel). Ces mesures ont été mises au point par Bosch.



Le circuit électronique de l'électrovanne **DDS** bloque le démarrage du moteur et assure l'échange de données avec l'appareil de commande de l'antivol.

Le transfert de données est nécessaire pour la reconnaissance de la vanne magnétique par l'intermédiaire d'un code préalablement mis en mémoire, ainsi que pour la réception du signal de libération pour le moteur, qui est envoyé à l'électrovanne DDS par le module antivol.

La fonction de blocage est obtenue par débranchement de la tension d'alimentation de l'électrovanne d'arrêt, l'injection de carburant étant ainsi interrompue.

Environ 2 s après réception du signal de contact, cette fonction est activée par l'électronique si l'appareil de commande de l'antivol n'a pas reçu le code de libération.

Le blindage de la vanne magnétique **DDS** est nécessaire pour la protéger contre des actions violentes et interdire une éventuelle excitation extérieure de l'électrovanne par des personnes non autorisées.

L'échange de données entre l'électronique de la vanne magnétique **DDS** et le module de l'antivol s'effectue par un conducteur de données approprié.

Le système utilisé par LUCAS présente une structure similaire.

Actuellement, les systèmes modernes d'injection à commande électronique n'ont plus d'électrovanne d'arrêt, et comme dans la régulation des moteurs à essence, la commande du moteur ne délivre pas de carburant si le code de libération de l'antivol n'a pas été reçu.

VI Problèmes rencontrés dans la pratique

1. Consommation en carburant trop élevée

Un client qui s'est présenté dans notre garage avec sa Ford Escort 1,6 l se plaignait d'une consommation en carburant trop élevée et d'un mauvais fonctionnement après démarrage à froid. Lors de l'entretien des 30.000 km, tous les conducteurs électriques et tous les flexibles à dépression ont été vérifiés visuellement. Comme nous n'avons rien constaté d'inhabituel, nous avons décidé d'interroger la mémoire de défauts de l'appareil de commande de la régulation du moteur EEC IV à l'aide de l'appareil de diagnostic FDS2000. Cette opération n'ayant apporté aucune indication sur la raison de la réclamation du client, on a remplacé la mémoire de données du FDS2000. Nous-nous intéressons principalement aux valeurs de réglage des tableaux de carburant.

En effet, les valeurs de la régulation de carburant à long terme (LONGFT1) étaient relativement élevées au ralenti, la valeur était de 25 %, alors que pour ce type de moteur à l'état neuf, c'est une valeur de -6,25 % qui est indiquée en règle générale.

Malgré cette valeur très élevée, aucun code de défaut n'était mis en mémoire, parce que le système adaptatif permet une plage de régulation allant jusqu'à 30 %, qui n'était pas encore atteinte en l'occurrence.

Un test des gaz d'échappement ne nous a rien appris de neuf, parce que grâce au système de régulation adaptative du moteur, le mélange trop pauvre était entièrement compensé par l'adaptation de la régulation du carburant à long terme à 25 %.

Les valeurs de mesure de la sonde lambda montraient un cycle de travail lent. Bien que la sonde lambda ne puisse être la cause du mauvais comportement après démarrage à froid, à titre d'essai, nous avons remplacé la sonde lambda. La nouvelle sonde lambda n'a pas permis d'obtenir d'amélioration.

Plusieurs tests de prise d'air n'ont donné aucun résultat, bien qu'après effacement des tableaux KAM, la montée rapide de la régulation de carburant de courte durée (SHRTFT1) indiquait clairement que le mélange était trop pauvre.

Comme nous avons déjà, dans le passé, rencontré des difficultés sur d'autres séries de véhicules avec la soupape de ventilation du carter de vilebrequin, qui se traduisaient par un mauvais fonctionnement du moteur, nous avons remplacé cette soupape.

Un examen des tableaux de carburant après le remplacement nous a montré une diminution directe des valeurs d'adaptation. Les deux réclamations du client provenaient donc d'un défaut sur la soupape de ventilation du carter de vilebrequin.

Une vérification visuelle n'a cependant montré aucun défaut d'étanchéité par lequel une aspiration d'air parasite aurait pu se produire. L'enrichissement en oxygène ne pouvait donc provenir que d'un défaut interne dans la soupape.

Figure 1

Graphique avec soupape de ventilation de carter défectueuse

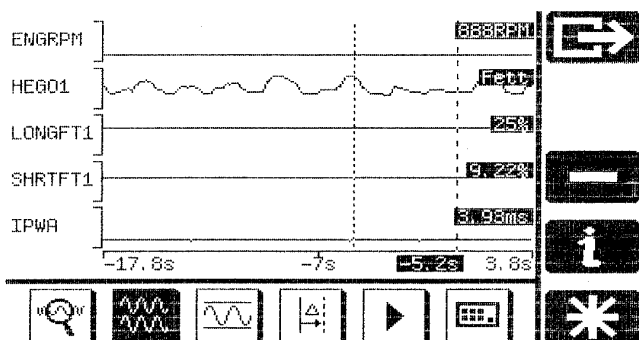
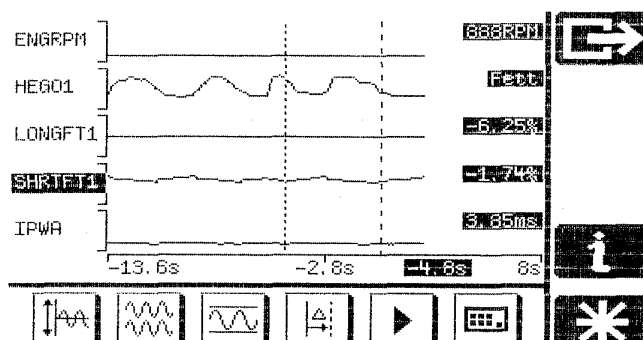


Figure 2

Graphique avec nouvelle soupape de ventilation de carter



ENGRPM = Régime moteur; **HEGO1** = Sonde Lambda; **LONGFT1** = Régulation de carburant à long terme; **SHRTFT1** = Régulation du carburant à court terme; **IPWA** = Largeur d'impulsion de l'injecteur

2. Pompe diesel Epic défectueuse

Un client possédant un Ford Transit 2,5 Diesel se plaignait d'un manque de puissance sur son moteur de 100 CV. Lors d'un essai sur route, nous avons pu constater de légers à-coups et un rejet de fumée blanche par l'échappeent.

Une première lecture de la mémoire de défauts à l'aide de l'appareil de diagnostic FDS 2000 n'a fait apparaître aucune erreur électronique.

Le "diagnostic complet" exécuté ensuite avec le FDS 2000 n'a pas davantage indiqué de défaut. Comme ce véhicule utilisait une pompe d'injection à répartition Lucas à commande électronique, nous avons décidé d'examiner de plus près, à l'aide du FDS 2000, les valeurs de mesure du capteur de position du rotor (ROTFBK) et du capteur de position de came (CAMFBK) dans la mémoire de données.

Dans la pompe diesel EPIC (**E**lectronically **P**rogrammed **I**njection **C**ontrol), la régulation de la quantité injectée et la commande de l'instant d'injection sont réalisées par des moyens électroniques. La position du rotor assure la régulation de la quantité de carburant, l'anneau à cames réglant l'avance à l'injection.

A différents régimes, nous avons pu observer sur l'écran que les valeurs de mesure du capteur de position de came (CAMFBK), qui vérifie la régulation du début de l'alimentation, ne correspondaient pas aux valeurs calculées par l'appareil de commande (CAMDEM).

Les différences n'étaient pas assez grandes pour qu'un code d'erreur soit placé dans la mémoire, mais étaient très probablement à l'origine des plaintes du client.

Pour exclure que d'éventuelles bulles d'air dans la conduite d'alimentation en carburant provoquent les écarts, nous avons raccordé un manomètre de pression avec tuyau flexible transparent. La pression de la pompe de préalimentation était de 0,1 bar, que l'on peut considérer comme suffisante. De même, nous n'avons pas constaté de bulles d'air du côté aspiration, ce qui a permis de conclure que les périphériques étaient en ordre et que le défaut provenait de la pompe Epic. Il s'agissait probablement d'une usure du carter du piston de commande de l'anneau à cames, qui rendait impossible une régulation correcte du début de l'injection.

Après remplacement de la pompe d'injection, une nouvelle vérification du capteur de position de came (CAMFBK), avec le début d'injection prescrit (CAMDEM), nous a confirmé que la régulation du début de l'injection travaillait correctement (Figure 1).

CAMDEM = Début d'injection calculé
CAMFBK = Retour de la position de la came
ROTDEM = Quantité de carburant prescrite
ROTFBK = Retour de la position de la came

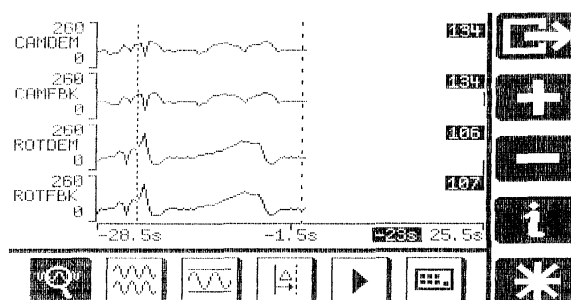


Figure 1: Valeur de mesure indiquée pour la régulation de la quantité d'injection et la répartition du début de l'injection à différents régimes
(de petites variations sont admises)

Nous avons ainsi pu rendre au client un véhicule de 100 chevaux qui développait toute sa puissance.

Remarque finale

Certaines des données fournies dans cette brochure sont associées à des produits définis et ne peuvent être généralisées. Les données ont toutes un caractère d'exemple.

L'équipe d'auteur remercie la Communauté de langue allemande de Belgique, le Land de Rhénanie du Nord-Westphalie et EDUCAM, qui ont soutenu ce projet par l'intermédiaire de l'Initiative communautaire Interreg-II de l'Union européenne. Nous remercions en outre les firmes ci-dessous, dont nous avons utilisé le matériel:

Bosch, Stuttgart
VAG, Wolfsburg
Ford, Cologne
Audi, Ingolstadt
Hubertus Günther, BBZ Grevenbroich